



Sérgio Alexandre Simões Vieira

Licenciatura em Ciências da Engenharia Electrotécnica e de Computadores

Eficiência Energética em Habitações: Recolha e Análise de Dados

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Electrotécnica e de Computadores

Orientador: Doutor João Francisco Alves Martins,
FCT/UNL

Co-Orientador: Mestre Pedro Miguel Ribeiro Pereira,
FCT/UNL

Júri:

Presidente: Prof. Doutor João Miguel Murta Pina

Arguentes: Prof. Doutor Celson Pantoja Lima

Prof. Doutor Luís Filipe Figueira de Brito Palma

Vogais: Prof. Doutor João Francisco Alves Martins

Mestre Pedro Miguel Ribeiro Pereira



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Dezembro de 2011

Eficiência Energética em Habitações: Recolha e Análise de Dados

Copyright © Sérgio Alexandre Simões Vieira, FCT/UNL, UNL

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objectivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Agradecimentos

Gostaria de começar por agradecer aos meus pais por sempre me apoiarem em todas as minhas decisões tomadas ao longo de toda a minha vida, e pelo especial apoio e incentivo nesta etapa académica, nos bons e maus momentos, e por sempre me terem indicado o caminho correcto.

Agradeço também ao resto da minha família por todo o apoio e carinho que sempre me deram, não só ao longo desta etapa mas ao longo de toda a minha vida.

Um especial agradecimento para a minha namorada Paula, por me ter acompanhado sempre neste percurso, por me ter aturado nos momentos menos bons e por ter partilhado comigo a alegria dos melhores momentos. Obrigado pelo amor e carinho, agora e sempre.

Outro especial agradecimento para os colegas e amigos da FCT que me acompanharam sempre neste percurso académico, seja nos momentos mais difíceis de estudo seja nos momentos mais felizes de festejar, especialmente aos "Romenos" que partilharam comigo algumas das melhores experiências da minha vida. Agradeço particularmente ao meu colega e amigo David pelo trabalho em grupo que sempre desenvolvemos, fazemos uma boa equipa!

Agradeço a todos os outros amigos que sempre me apoiaram e deram forças para continuar, em todas as fases da minha vida.

Não posso deixar de agradecer ao meu orientador Professor Doutor João Martins não só por me ter orientado nesta dissertação, mas também por ter servido de inspiração ao longo da minha formação académica. Agradeço ainda ao Professor Doutor Celso Lima por todo o apoio dado nesta dissertação e por me ter ensinado a ser mais exigente comigo próprio.

Agradeço à Schneider Electric Portugal e à Domótica SGTA pelo apoio prestado na rede sensorial *wireless* e no OPC.

Resta por fim agradecer a todos aqueles que em certo ponto da minha vida se cruzaram comigo e fizeram de mim uma pessoa melhor e me ajudaram a crescer, a respeitar e a viver.

Acrónimos

COM	Component Object Model
CPU	Central Processing Unit
DC	Direct Current (Corrente Contínua)
DCOM	Distributed Component Object Model
HESAS	Home Energy Saving Adviser System
HOMER	Home Energy Adviser
I/O	Input/Output
ID	Identificação
IP	Internet Protocol
OLE	Object Linking and Embedding
OPC	OLE for Process Control
PC	Personal Computer (Computador Pessoal)
SNVT	Standard Configuration Property Type
UCPT	User Configuration Property Type
UE	União Europeia
UML	Unified Modeling Language
URE	Utilização Racional de Energia

Resumo

O rápido crescimento da população mundial a par do aumento da procura energética tornam os combustíveis fósseis a fonte primária de energia a nível mundial. Fruto da elevada dependência destes combustíveis fósseis e do consequente aumento da concentração de gases com efeito de estufa na atmosfera terrestre, um dos desafios primários da sociedade actual é a redução e gestão dos recursos energéticos, levando os governantes de todo o mundo a apostar fortemente na eficiência energética de modo a alcançar estes desafios. Sendo o sector doméstico responsável por cerca de um quarto do consumo energético na União Europeia, é imperativo que se desenvolvam meios de apoio aos consumidores domésticos de modo a aumentar a eficiência energética das suas habitações e consequentemente reduzir o consumo energético global.

A grande maioria dos sistemas de apoio à eficiência energética em habitações existentes resumem-se a auditorias energéticas pontuais às habitações e à elaboração de listas de acções a tomar por parte dos habitantes de modo a reduzir o seu consumo energético.

A presente dissertação pretende fornecer os meios físicos de recolha e análise de dados ambientais para um sistema de aconselhamento dedicado inferir o comportamento energético dos habitantes no seu dia-a-dia, e gerar aconselhamentos dedicados sobre eficiência energética com base nesses comportamentos sociais. Por fim resulta também deste trabalho uma interface gráfica baseada num portal de Internet que visa informar o utilizador de todas as saídas do sistema quanto ao seu comportamento referente à eficiência energética, quanto ao seu consumo energético e evolução da redução da factura eléctrica, disponível a partir de qualquer localização global desde que exista uma ligação à Internet.

Palavras-Chave:

Eficiência energética, consumo energético, optimização de energia, redes sensoriais.

Abstract

The rapid growth in world population together with increased energy demand makes fossil fuels the primary source of energy worldwide. Resulting on the high dependence on these fossil fuels and the consequent increased concentration of greenhouse gases in the atmosphere, one of the main challenges of today's society is the reduction and management of energy resources, forcing governments worldwide to invest heavily in efficiency energy in order to meet these challenges. As the domestic sector accounts for about one quarter of energy consumption in the EU, it is imperative to develop tools to support households to increase the energy efficiency of their homes and therefore reduce overall energy consumption.

The vast majority of energy efficiency systems in existing homes are restricted to energy audits to homeowners and the preparation of lists of actions to be taken by residents to reduce their final energy consumption.

The present work intends to provide the physical means of collecting and analyzing environmental data to an advisory system devoted to infer the energy behavior of the inhabitants in their day-to-day routine and generate dedicated energy efficiency advices based on these social behaviors. Finally this work also follows a graphical interface based on an Internet website that aims to inform the user of all the system's outputs as to their behavior regarding energy efficiency, energy consumption and evolution of reduced electric bills, available from any location worldwide where an Internet connection is provided.

Keywords:

Energy efficiency, energy consumption, energy optimization, sensor networks.

Conteúdo

1	Introdução	1
1.1	Enquadramento e Motivação	1
1.2	Objectivos	3
1.3	Estrutura da Dissertação	4
2	Estado da Arte	5
2.1	Eficiência Energética	5
2.2	Eficiência Energética no Sector Doméstico	5
2.3	O Enquadramento da Recolha e Análise de Dados	8
2.4	Sistemas Existentes	8
2.4.1	Cenário Nacional	8
2.4.2	Cenário Internacional	10
2.4.3	Breve reflexão sobre os sistemas existentes	14
3	Modelo Conceptual	15
3.1	Visão Global do Sistema	15
3.2	Visão Arquitectural	16
3.3	Diagramas de Casos de Uso	19
3.3.1	Aquisição de Dados	19
3.3.2	Interface	21
3.4	Análise Comportamental e Aconselhamento Dedicado	24
4	Implementação	27
4.1	Estrutura do sistema	27
4.2	Diagramas de Classes	28
4.2.1	Aquisição de Dados e Processamento da Informação Sensorial	28
4.2.2	Interface	29
4.3	Diagramas de Sequência	30
4.3.1	Aquisição de Dados e Processamento da Informação Sensorial	30
4.3.2	Interface	32
4.4	Diagrama de Entidade Relacionamento	34
4.5	Desenvolvimento	37
4.5.1	Configuração do sistema	37
4.5.2	Processamento da Informação Sensorial	41

4.5.3	Interface	42
4.6	Tecnologias usadas	48
4.6.1	Hardware considerado	48
5	Resultados Experimentais	63
5.1	Instalação do sistema	63
5.2	Validação de resultados	64
5.3	Questionário de avaliação da Interface	69
5.3.1	Conclusões sobre os resultados do questionário	73
6	Conclusões	75
6.1	Publicações	77
6.2	Perspectivas Futuras	77
	Bibliografia	79
A	Diagramas de Classes	83
B	Diagramas de Sequência	87
C	Diagrama de Entidade e Relação	97

Lista de Figuras

1.1	Aumento de CO ₂ na atmosfera [4]	2
2.1	Esquema funcional do iMeter [10]	9
2.2	Interface do Google PowerMeter	11
2.3	Interface do Microsoft Hohm [22]	12
2.4	Portal Web do sistema EnergiKollen	13
3.1	Visão global do sistema	15
3.2	Os três módulos do sistema e as interacções entre si	16
3.3	Modelo Conceptual do HESAS	16
3.4	Modelo operacional do HESAS	17
3.5	Fluxo de dados <i>hardware-software</i> através do OPC	19
3.6	Casos de Uso para o módulo de Aquisição de Dados	20
3.7	Casos de uso da interface gráfica do sistema para o actor Visitante	21
3.8	Casos de uso para o Utilizador do HESAS	22
3.9	Casos de uso para o Administrador do sistema	24
3.10	Motor de Inferência do sistema	25
4.1	Topologia da estrutura dos dados sensoriais	27
4.2	Diagrama de sequência do caso de uso Consultar Valores OPC	31
4.3	Diagrama de sequência do caso de uso Consultar Valores DB	32
4.4	Diagrama de sequência para os casos de uso do actor Visitante	32
4.5	Diagrama de sequência para a funcionalidade Consultar Aconselhamentos	33
4.6	Entidades referentes ao edifício em causa e às respectivas habitações	34
4.7	Entidades referentes às divisões e respectivos sensores	35
4.8	Entidades que caracterizam os aspectos comportamentais dos utilizadores	36
4.9	Entidade que guarda as medições energéticas	37
4.10	Entidade que caracteriza o perfil energético inerente a cada divisão da habitação	37
4.11	Primeiro passo da inicialização do sistema	38
4.12	Segundo passo da inicialização do sistema	38
4.13	Lista de servidores OPC disponíveis	39
4.14	Interpretação das variáveis sensoriais provenientes do OPC <i>Server</i>	39
4.15	Listagem dos sensores associados às respectivas divisões	40
4.16	Quarto e último passo da inicialização do sistema	40
4.17	Janela principal da aplicação desenvolvida	41

4.18	Janela que mostra os valores guardados na Base de Dados	41
4.19	Janela que mostra os valores sensoriais do OPC Client em tempo real	42
4.20	Diagrama de menus e funcionalidades da página Web	42
4.21	Home Page do Website	43
4.22	Página "Overview" do Website	44
4.23	Página "Ranking Page" dedicada às pontuações do utilizador	45
4.24	Página dos aconselhamentos dedicados "Advices Page"	45
4.25	Página de consulta dos valores sensoriais	46
4.26	Página do consumo energético e poupanças	47
4.27	Composição do sistema físico	49
4.28	Topologias de instalação do sistema físico	49
4.29	Composição da rede sensorial	51
4.30	Instalação do sistema físico numa habitação	52
4.31	Posicionamento aconselhado do sensor SR65 LI (fonte: SR65-LI <i>Data Sheet</i>)	53
4.32	Posicionamento do sensor SRW01 (fonte: SRW01 <i>Data Sheet</i>)	54
4.33	Instalação do sensor SR-MDS BAT (fonte: SR-MDS <i>Data Sheet</i>)	55
4.34	Registo do ID e configuração do tipo de sensor no NL220	56
4.35	Definição do tipo de variável SNVT no NL220	57
4.36	Geração do ficheiro de interface XIF no <i>software</i> NodeUtil	57
4.37	Controlo remoto de uma tomada através do TAC Xenta 422A	59
4.38	Interface do <i>webserver</i> do TAC Xenta 731	59
4.39	Estrutura da rede LonWorks no TAC Vista Workstation	61
5.1	Quadro geral do equipamento	63
5.2	Valores sensoriais captados em tempo real	64
5.3	Valores sensoriais registados na base de dados do sistema	65
5.4	Últimas mensagens enviadas ao utilizador	65
5.5	Aconselhamentos gerados na semana de testes	66
5.6	Histórico dos valores sensoriais ao longo do dia 21 de Março de 2011	67
5.7	Histórico dos valores sensoriais ao longo da semana de 21 a 27 de Março de 2011	67
5.8	Histórico dos valores sensoriais ao longo do mês de Março de 2011	68
5.9	Evolução das pontuações na semana de testes	68
5.10	Gráfico de resultados para o primeiro aspecto do questionário	70
5.11	Gráfico de resultados para o segundo aspecto do questionário	70
5.12	Gráfico de resultados para o terceiro aspecto do questionário	71
5.13	Gráfico de resultados para o quarto aspecto do questionário	72
5.14	Gráfico de resultados para o quinto aspecto do questionário	72
A.1	Classes dos módulos Interface e Controlo da aquisição de dados e processamento sensorial	84
A.2	Classes do módulo Entidade	85
A.3	Classes dos módulos Interface e Controlo da aplicação Web de Interface	86
B.1	Diagrama de sequência do caso de uso Consultar Valores DB para o actor Utilizador	87

B.2	Diagrama de sequência do caso de uso Consultar Valores OPC para o actor Utilizador	87
B.3	Diagrama de sequência do caso de uso Configurar Sistema para o actor Utilizador . .	88
B.4	Diagrama de sequência do caso de uso Login para o actor Visitante	89
B.5	Diagrama de sequência do caso de uso Consultar Home para o actor Utilizador . . .	90
B.6	Diagrama de sequência do caso de uso Consultar Vista Global para o actor Utilizador	91
B.7	Diagrama de sequência do caso de uso Consultar Ranking para o actor Utilizador . .	91
B.8	Diagrama de sequência do caso de uso Consultar Aconselhamentos para o actor Utilizador	92
B.9	Diagrama de sequência do caso de uso Consultar Sensores para o actor Utilizador . .	93
B.10	Diagrama de sequência do caso de uso Consultar Poupanças para o actor Utilizador .	94
B.11	Diagrama de sequência do caso de uso Mudar Password para o actor Utilizador . . .	95
B.12	Diagrama de sequência do caso de uso Administrar Base de Dados para o actor Administrador	95
C.1	Diagrama de Entidade e Relação do sistema	97

Lista de Tabelas

4.1	Dados do contador de energia que são guardados	58
5.1	Resumo da pontuação média do inquérito	73

Capítulo 1

Introdução

1.1 Enquadramento e Motivação

No final do século XVIII as principais fontes de energia eram provenientes da exploração da lenha, do vento e da água, através de moinhos cujas pás eram movidas com a força destes elementos naturais, assim como o recurso ao sol como fonte de aquecimento era também bastante comum na época. No entanto, o aperfeiçoamento do motor a vapor em 1769 por James Watt e mais tarde o aparecimento do motor de combustão interna marcaram a base da industrialização, sendo que as técnicas de conversão mecânica de energia baseadas nos moinhos foram rapidamente substituídas por estes motores, tornando o carvão a principal fonte de energia.

No início do século XX o petróleo tornou-se uma fonte de energia cada vez mais indispensável a par do aumento da popularidade dos veículos motorizados nos países mais desenvolvidos e um pouco por todo o mundo. A lenha perdeu a relevância como fonte energética nas nações industriais e as grandes centrais hidroeléctricas substituíram os moinhos movidos com a água. Depois da Segunda Guerra Mundial aparece o gás natural como recurso energético, seguido do início da exploração da energia nuclear nos anos 60. Ainda assim, com o aparecimento destas novas fontes de energia o petróleo e o carvão continuam a dominar o mercado energético, sendo que o gás natural é o recurso em maior crescimento. Na actualidade, estes combustíveis fósseis ainda representam uma quota de 85% na procura mundial de energia primária [1].

O crescimento contínuo da população mundial, aliado à evolução tecnológica que teve lugar principalmente nos séculos XX e XXI tem tido consequências directas no aumento cada vez maior da necessidade de produção de energia eléctrica, bem como o seu consumo maciço e despreocupado não tendo em consideração quaisquer consequências ambientais ou eventual esgotamento de recursos naturais. Entre 1980 e 2008 a procura energética aumentou em 70% [2]. Consequentemente, a concentração de Dióxido de Carbono (CO_2) na atmosfera aumentou de 280 partes por milhão (ppm) para 382 ppm desde 1750 (época pré-industrial) até 2006, um aumento de 36%, muito provavelmente resultado da revolução industrial [3]. Actualmente, os dados mais recentes indicam que em Janeiro de 2011 verificava-se uma concentração global de CO_2 de 391 ppm (Figura 1.1). Com o aumento da concentração de CO_2 vem adjacente o aumento do efeito de estufa, que apenas nas últimas décadas tem começado a levantar questões sobre o exagerado consumismo de combustíveis fósseis e suas consequências.

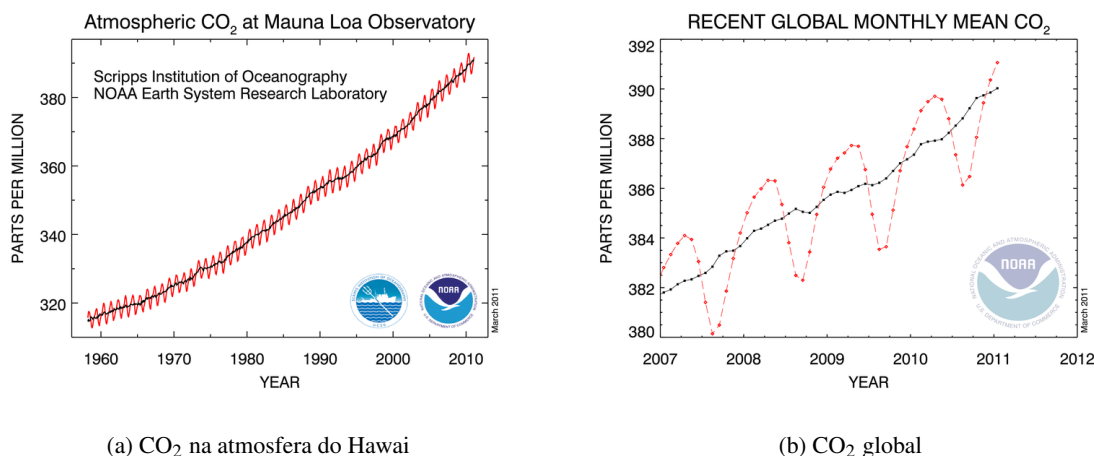


Figura 1.1: Aumento de CO₂ na atmosfera [4]

Assim, no final do século XX começa a haver alguma consciencialização em relação à importância do meio ambiente para a Humanidade e ao desgaste que este tem levado devido a este forte consumismo, levando assim as políticas públicas a apostarem num desenvolvimento mais sustentável. O sector energético começa então a captar as atenções devido ao seu forte impacto sobre o meio ambiente, e também pelo desperdício e ineficiência existentes associados à sua produção e uso.

É por esta altura em que se começa a falar sobre políticas governamentais de redução da emissão de gases com efeito de estufa para a atmosfera, incluindo programas de abandono progressivo dos subsídios às energias fósseis [5]. Uma dessas políticas, talvez a mais importante, é o protocolo de Quioto, onde é estipulada uma redução da emissão de gases com efeito de estufa em 5,2% em relação aos níveis de 1990 no período entre 2008-2012 por parte dos países membros, principalmente os países mais industrializados [6]. Outra política bastante importante neste aspecto, embora esta seja apenas ao nível da União Europeia (UE) é a iniciativa "20-20-20", onde todos os países da UE devem atingir as seguintes metas até ao ano de 2020:

- Reduzir em 20% as emissões de gases com efeito de estufa, em comparação com os níveis de 1990;
- Aumentar o peso das energias renováveis em 20%;
- Reduzir em 20% o consumo de energia primária relativamente às previsões de consumo actuais utilizando medidas de eficiência energética.

Atendendo então a todos estes problemas que o consumo dos recursos fósseis acarreta, a maioria dos países já começou a tomar importantes medidas de modo a reduzir os seus consumos de energia primária. Os investimentos nas energias renováveis e na eficiência energética têm sido as principais medidas no caminho da sustentabilidade energética, uma vez que são economicamente benéficas, aumentam a segurança no abastecimento e reduzem as emissões de gases poluentes [3].

No entanto, devem também haver acções neste sentido a nível nacional, regional ou mesmo comunitário. Em 2007 o sector doméstico foi responsável por aproximadamente 28% do consumo de electricidade na UE, sendo que a aposta na eficiência energética neste sector pode contribuir significativamente para uma redução do consumo global de electricidade [7].

A procura energética e a pegada ecológica começam pelo consumidor doméstico, pelo que deverá ser este o primeiro alvo de consciencialização energética. O consumidor pode recorrer ao uso de energias renováveis e à microprodução, mas não se deve limitar a tal. Como em tudo na vida, usar menos e mais eficazmente e desperdiçar menos são simples factos que estão sempre presentes, onde cada pouco contributo conta, pois se todos juntarem esse pouco contributo pode ser feita uma grande diferença.

Usar equipamentos domésticos mais eficientes, instalação de melhores caldeiras, reduzir a perda de calor através de isolamento e instalação de painéis solares são algumas das soluções para melhorar o desempenho energético das habitações. No entanto estas medidas por si só não são suficientes, a menos que os cidadãos adoptem um estilo de vida energeticamente mais eficiente. Nesse sentido, é essencial ter em conta o estilo de vida de cada um para um uso mais eficiente da energia, por exemplo, desligar os aparelhos em vez de os deixar em modo *stand by*, equilibrar o uso de aquecimento e ventilação, etc.

Com a crise económica global que abate a UE e grande parte dos países a nível mundial, os cidadãos começam a evitar o consumismo energético, principalmente devido à constante subida dos preços do petróleo, tornando-se cada vez mais consciencializados ao nível da eficiência energética e mais receptivos a mensagens e aos agentes para uma mudança de estilo de vida. Para além disso, as energias tornaram-se notícias de primeira página nos meios de comunicação acompanhadas com dicas de poupança de energia. Este trabalho baseia-se na crença de que esta mudança reactiva mostra o quanto pro-activas as mudanças podem ser na base da sociedade.

1.2 Objectivos

Este trabalho está inserido no projecto HOMER (HOMe Energy adviseR), cujo objectivo é providenciar aos habitantes um aconselhamento dedicado em resposta dos seus comportamentos energéticos na sua habitação.

O trabalho visa fornecer a base física de todo o sistema e também a interface gráfica que mostra todos os resultados aos utilizadores. Pretende-se instalar um sistema físico que recolha os dados ambientais exteriores e interiores de uma habitação e que faça o tratamento desses dados para que sejam analisados através de uma aplicação computacional. Os dados deverão ser guardados e tratados pelo sistema desenvolvido e, posteriormente, todos os resultados do sistema deverão ser mostrados ao utilizador em tempo real através de uma interface gráfica interactiva que estará disponível *online*.

Espera-se assim que com o desenvolvimento deste sistema os consumidores domésticos tenham conhecimento do seu consumo energético e dos seus comportamentos em tempo real, bem como de que forma poderão melhorar esses comportamentos de modo a obter uma eficiência energética que permita tanto a redução da emissão de gases com efeito de estufa como a redução nas facturas eléctrica e restantes.

Permite-se que as pessoas experienciem circunstâncias, transmite-se-lhes consciencialização e fomenta-se motivação para terem comportamentos exemplares fornecendo-lhes orientações práticas.

1.3 Estrutura da Dissertação

Esta dissertação encontra-se dividida em cinco capítulos, incluindo este capítulo de Introdução, cujos conteúdos serão resumidamente descritos de seguida.

No capítulo 2 analisa-se a eficiência energética no sector doméstico e enquadra-se a análise e recolha de dados neste tema. É ainda feita uma análise ao estado da arte deste tema, onde são descritos alguns sistemas actualmente existentes e é feita uma breve reflexão sobre este tipo de sistemas.

No capítulo 3 é apresentado o modelo conceptual do sistema, começando por ser dada uma visão global de todo o sistema. Apresenta-se depois a visão arquitectural e os modelos, e é então feito o enquadramento deste trabalho apresentando a descrição de todos os módulos constituintes deste sistema.

O capítulo 4 disserta sobre a implementação deste trabalho, apresentando a sua estrutura, os modelos de implementação e o respectivo desenvolvimento, incluindo as diversas fases de instalação e configuração de cada componente de hardware.

O capítulo 5 descreve os testes realizados com o presente sistema, assim como os resultados associados. É ainda feita uma análise sumária a estes resultados de forma a validar os respectivos testes e seus objectivos.

No capítulo 6 é por fim feita uma conclusão geral sobre o trabalho desenvolvido, referindo os seus pontos fortes. São por fim também apresentadas algumas sugestões de melhoria e continuação deste trabalho em trabalhos futuros.

Capítulo 2

Estado da Arte

2.1 Eficiência Energética

A eficiência energética é o conceito que procura otimizar o uso da energia, usando menos para fornecer a mesma quantidade de valor energético.

Entre as várias formas de energia interessam, em particular, aquelas que são processadas pela sociedade e colocadas à disposição dos consumidores onde e quando necessárias, tais como a electricidade, a gasolina, o álcool, gás natural, etc.

A energia é usada em aparelhos simples (lâmpadas, aquecedores, etc.) ou em sistemas mais complexos que integram diversos outros equipamentos (automóvel, uma fábrica, etc.). Estes equipamentos e sistemas transformam formas de energia. Uma parte dessa energia é sempre perdida para o meio ambiente durante esse processo. Uma lâmpada transforma a electricidade em luz e calor. Como o objetivo da lâmpada é iluminar, uma medida da sua eficiência (o rendimento) é a relação entre a energia eléctrica consumida e a energia da luz por si emitida. Quanto maior for o seu rendimento, maior vai ser a eficiência energética do processo de transformação da energia.

Existem muitos outros factores que influenciam a eficiência energética de um equipamento ou sistema para além do seu rendimento. Tome-se como exemplo a perda de calor numa habitação devido ao seu isolamento defeituoso, que vai tornar a habitação menos eficiente em termo de energia (nesta caso, energia calorífica).

2.2 Eficiência Energética no Sector Doméstico

O sector doméstico é provavelmente o sector onde existem mais oportunidades de incrementar a eficiência energética com baixos custos associados.

Existem várias abordagens à eficiência energética no sector doméstico. Começando pela fase de construção das habitações, existem várias acções que podem ser tomadas para aumentar a sua eficiência [8]:

- A orientação da habitação, se escolhida correctamente, permite uma maior iluminação natural aproveitando o sol durante todas as estações do ano (a fachada principal do edifício deverá estar virada para sul e conter a maior área envidraçada);
- O isolamento é essencial, pois cerca de 60% da energia utilizada para aquecimento durante o

inverno perde-se devido à falta de isolamento nas habitações. Com um bom isolamento poderá ser poupado até 30% do consumo;

- A escolha dos vidros das janelas também tem a sua quota de importância na eficiência energética, pois se forem instalados vidros duplos, além de reduzir o ruído exterior, reduz também as perdas térmicas, permitindo assim uma redução de até 10% no consumo;
- Atendendo à pintura das paredes da habitação pode-se assim ajudar à maximização da eficiência da habitação. É sabido que as cores claras não absorvem tanto o calor como as escuras, sendo que uma fachada branca pode absorver apenas 25% da energia do sol, quando uma fachada pintada de preto absorve até 90% dessa energia. Por outro lado, as paredes interiores mais claras reflectem mais a luz, sendo necessária menos potência de iluminação instalada para o mesmo nível de iluminação ambiental.

De notar que estas acções não são apenas válidas para habitações em construção, pois na reabilitação ou remodelação destas deve-se também ter em conta algumas destas acções.

Numa habitação já construída existem outras tantas acções que ajudam a tornar uma habitação mais eficiente, assim como [8]:

- No verão, aproveitar a ventilação natural nocturna através de janelas abertas situadas em lados opostos da habitação para permitir a existência de corrente de ar e impedir a entrada de raios solares directos durante o dia. No inverno maximizar a entrada da luz solar de modo a criar aquecimento interior natural.
- Aproveitar sempre que possível a luz natural em vez da luz artificial. Usar lâmpadas fluorescentes compactas em detrimento das incandescentes clássicas e optar por balastros electrónicos nas lâmpadas fluorescentes tubulares;
- O uso de vegetação natural beneficia bastante a redução no consumo, sendo que com a plantação de árvores de folha caduca em locais estratégicos ajuda a evitar o sobreaquecimento no verão e a maximizar a entrada da luz solar no inverno.

Existem ainda outros métodos de eficiência energética mais avançados, como a Domótica, onde alguns aspectos da habitação são controlados automaticamente de modo a ir de encontro ao conforto dos habitantes. Por exemplo, a iluminação é controlada automaticamente tendo em conta a hora do dia e a estação do ano, assim como a climatização e por aí adiante.

Todos estes processos ajudam a aumentar a eficiência energética deste sector e consequentemente a diminuir o consumo energético e a emissão de gases com efeito de estufa. No entanto, o habitante pouco ou nenhum controlo tem sobre todos estes processos, pelo que o seu comportamento pode continuar a ser o menos correcto e este continua a não ter consciência do que está a acontecer ao nível do consumo energético na sua habitação.

A abordagem que deve ser tomada neste aspecto é a interacção directa com o consumidor doméstico, ou seja, consciencializar os habitantes para que estes possam estar atentos ao seu consumo diário e ter influência directa no consumo ao alterarem os seus hábitos rotineiros. Esta abordagem relacionada com a alteração comportamental de modo a aumentar a eficiência energética é frequentemente denominada por "Utilização Racional de Energia" (URE), que pressupõe a adopção de medi-

das que permitam uma melhor utilização da energia, tanto no sector doméstico, como nos sectores de serviços e indústria [9].

Para começar é essencial fornecer a informação certa aos consumidores acerca dos consumos energéticos e de como poupar energia. Os meios de comunicação social podem ter um papel crucial neste aspecto, no entanto costumam abordar as questões energéticas de modo superficial, imediatista e não sistémico (centradas na dramatização do aumento dos preços e do custo de vida, mas sem explicar o contexto de necessidade de mudança de paradigma energético). É então o Governo que deve disseminar a importância da redução do consumo energético por parte dos utilizadores domésticos e incentivar medidas de eficiência energética junto das habitações. Por exemplo, a tarifa eléctrica contratada por 68% das famílias portuguesas é a simples, sendo o principal motivo para não se usar outro tipo de tarifa o desconhecimento ou falta de informação. Nenhum consumidor sabe verdadeiramente quanto gasta em energia, dado que a informação de facturação que lhe chega só é validada, no máximo, seis vezes por ano pelas leituras reais dos contadores [10].

Existe ainda uma expectativa de que soluções resultem mais do desenvolvimento tecnológico do que da mudança de comportamentos, no entanto estas soluções de carácter tecnológico (por exemplo a Domótica) tendem a ter custos mais elevados e os consumidores tendem a rejeitar medidas que impliquem custos adicionais elevados.

É então necessário actuar junto dos consumidores, numa primeira instância fornecer a informação sobre os seus consumos energéticos actuais, e também fornecer guias e meios para a redução do consumo doméstico. Ao fornecer informação actualizada do consumo energético da habitação ao consumidor, este consegue identificar em que períodos o seu consumo é mais elevado e pode então começar por tentar reduzir esse consumo. No entanto, se este não souber a fonte deste elevado consumo e se não fizer ideia do que pode fazer para o diminuir, a informação do consumo não é por si só suficiente. É necessário guiar o utilizador nos vários passos do processo de redução do consumo energético.

Existem actualmente várias fontes de sugestões de como aumentar a eficiência energética. No entanto, para o utilizador ter acesso a estas tem que pesquisar e de alguma forma sentir-se motivado para tal, pelo que será mais fácil cativar o interesse do sector doméstico indo de encontro a este, e não esperar que sejam as famílias a procurar meios de eficiência energética por si só.

Os métodos actuais de consciencialização energética no sector doméstico passam por questionários *on-line* de auto-avaliação energética com base no estilo da habitação, tipo de construção, número de quartos, espessura do isolamento, número de banhos tomados pelos utilizadores, etc., ou mais eficazmente muitas vezes são feitas auditorias energéticas à casa de forma a aconselhar os habitantes onde podem alterar certos aspectos da habitação (mudar lâmpadas, substituir electrodomésticos menos eficientes, etc.) de forma a poupar energia. No entanto estes métodos não vão interagir com os habitantes no seu dia-a-dia. Ainda que se consiga obter uma redução no consumo final, estes métodos não permitem identificar os aspectos comportamentais dos consumidores a serem melhorados em prol duma maior eficiência energética a longo prazo.

2.3 O Enquadramento da Recolha e Análise de Dados

Através de instrumentação não intrusiva (sensores, contadores de energia sofisticados, etc.) é possível inferir o comportamento social relacionado com a energia nas habitações, e consequentemente fornecer possíveis dicas e aconselhamentos dedicados em tempo real aos habitantes, assim como fornecer meios para disponibilizar em tempo real a informação relativa ao consumo energético da habitação. Assim, o indivíduo pode consultar o exacto momento em que houve uma variação acentuada do consumo e pode reflectir sobre esse momento e do que causou esse aumento de consumo, bem como consultar a solução dessa causa de modo a não voltar a repetir. Assim, havendo uma interacção directa com o consumidor, este vai assimilar as acções que deve e não deve tomar para que não existam causas de consumos elevados desnecessariamente.

Mais, desta feita poderá ser fomentada a vontade de comentar as acções energéticas (positivas e/ou negativas) e respectivas causas e consequências entre os habitantes e, assim, inserir a temática de eficiência energética nas conversas sociais entre os cidadãos, tendo como consequência uma maior consciencialização para este tema e uma maior vontade de reduzir o consumo entre estes.

2.4 Sistemas Existentes

Existem já alguns sistemas comercializados que visam o apoio à eficiência energética no sector doméstico, tendo como princípio a interacção com o consumidor doméstico. De seguida são descritos alguns dos projectos existentes, tanto a nível nacional como internacional.

2.4.1 Cenário Nacional

Ecobrigadas - Sensibilização e Redução do Consumo de Energia

O projecto Ecobrigadas é organizado pela Quercus - Associação Nacional de Conservação da Natureza e tem o objectivo de transmitir informação e promover medidas junto dos cidadãos sobre três temas bastante actuais e pertinentes: eficiência energética, energias renováveis e construção sustentável [11]. As Ecobrigadas percorrem os vários distritos do país visitando famílias e escolas e identificam onde estas entidades podem reduzir o seu consumo de energia, traçando um plano de várias tarefas a executar pelas entidades de modo a poderem atingir essa redução de consumo.

Para tal, é feito um levantamento dos equipamentos e da iluminação existentes nas habitações (e escolas) e quantificados os respectivos consumos através de instrumentos de medição local (tomadas contadoras de consumo energético), é feita a caracterização dos hábitos de consumo das famílias através de questionários onde estas identificam os equipamentos, o seu tempo de utilização e a permanência ou não dos mesmos em modo *standby*.

Os planos de recomendações de eficiência energética às habitações constituem uma actuação mais próxima das famílias, identificando as áreas onde estas podem actuar dentro das suas casas para que possam reduzir o seu consumo energético. Após estas visitas, as famílias recebem um relatório com as indicações das áreas onde devem actuar para reduzir a sua factura energética e as emissões de gases com efeito de estufa associadas.

Caça Watts

O Caça Watts é um programa lançado pela Agência Cascais Energia que está inserido no programa europeu "Pacto de Autarcas" [12], e tem como objectivo ajudar os municípios a reduzir o desperdício de energia em casa, bem como ajudar a adopção de boas práticas no âmbito da eficiência energética.

Este programa consiste na realização de auditorias energéticas em habitações onde são medidos os padrões de consumo da casa, os pontos de consumo excessivo e comparadas as eficiências de equipamentos domésticos e aparelhos eléctricos. Após as auditorias, são então elaborados relatórios personalizados com o diagnóstico final e recomendações de boas práticas para os habitantes [13].

iMeter - Monitorização dos Consumos para Gestão de Energia em Edifícios

O iMeter é um projecto organizado pela ISA - Intelligent Sensing Anywhere, e consiste numa solução que integra sensores de electricidade, gás e água, um mostrador digital e um concentrador que recolhe toda a informação e a envia para os servidores centrais [10].

Os sensores comunicam com o concentrador por rádio frequência e este armazena os dados por períodos de tempo definidos. O concentrador por sua vez está ligado à Internet de modo a enviar os dados acumulados para os servidores centrais. Por fim, os servidores processam os respectivos dados, agregam-nos, efectuem estudos de comparação e calculam o equivalente de dióxido de carbono emitido. Posteriormente os dados são disponibilizados num portal *Web* para que os utilizadores os possam consultar (Figura 2.1).

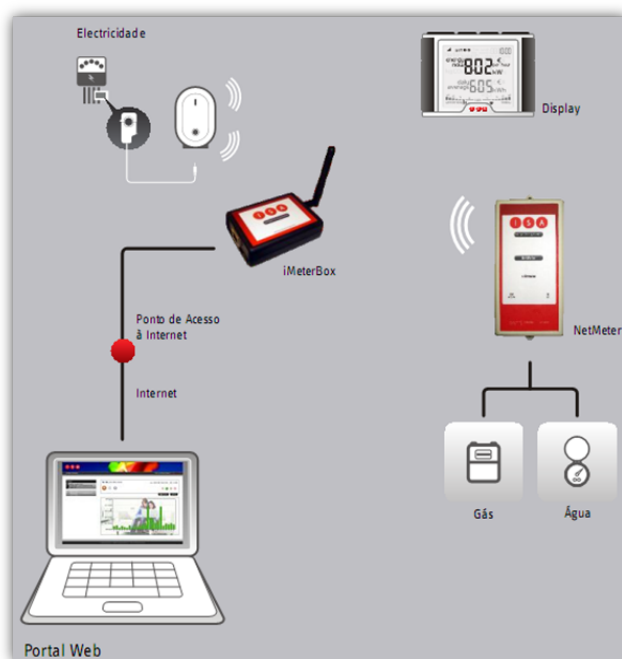


Figura 2.1: Esquema funcional do iMeter [10]

Este sistema gera os gráficos de consumo eléctrico e analisa-os de forma a identificar os momentos que correspondem a variações bruscas de consumos, sendo assim possível identificar os contributos de cada aparelho doméstico. Depois de identificados os diferentes responsáveis pelos consumos, torna-se fácil para o utilizador organizar as acções que pretende tomar para a melhoria do comportamento

energético da sua casa.

Este sistema permite ainda a comparação dos consumos do utilizador com os de famílias semelhantes através do portal *Web*, permitindo ao utilizador perceber se a sua casa é eficiente em termos relativos.

InovCity

O conceito InovCity é um programa pioneiro a nível mundial desenvolvido pela EDP - Energias de Portugal que visa promover as futuras redes inteligentes de distribuição eléctrica incentivando os utilizadores domésticos à microprodução e permitindo que estes tenham um papel mais activo na gestão diária dos seus consumos, com impacto na redução da factura final e no aumento da eficiência energética das habitações. Para tal é instalado um contador inteligente (conhecido por Energy Box) em todas as habitações de uma cidade que para além de contar a energia consumida, pode também contar a energia produzida (aquela que é vendida à rede). A Energy Box permite ainda que o consumidor realize alterações contratuais de potência, ciclo ou tarifário, sem a necessidade de deslocação de pessoal especializado à habitação [14].

Évora foi escolhida como cidade-piloto para a execução deste projecto.

Existem ainda inúmeros guias [8], Websites [15] e ainda programas de TV [16] sobre eficiência energética para os consumidores domésticos onde são descritos vários processos em várias áreas para que se consiga obter uma redução considerável na factura energética.

2.4.2 Cenário Internacional

Eco n'Home

O Eco n'Home é um projecto a nível da UE financiado pelo programa Intelligent Energy ¹, cuja participação portuguesa está a cargo da Ageneal - Agência Municipal de Energia de Almada. O objectivo deste projecto é a redução de 10 a 20%, do consumo de energia em habitações através da criação de um serviço prático para as famílias que fornece aconselhamento e identifica possíveis melhorias no seu consumo energético diário.

A metodologia do projecto consiste no diagnóstico energético junto das habitações que permite ao auditor criar um relatório do consumo energético e elaborar uma lista de recomendações sobre mudanças comportamentais e de soluções de melhorias técnicas nas principais áreas de aquecimento, electricidade e transporte [17].

A parcela portuguesa deste projecto levada a cabo pela Ageneal consiste na validação prática do projecto numa amostra de 100 habitações do Concelho de Almada [18].

Energy Check for Low Income Households (EC-LINC)

O EC-LINC é também um projecto financiado pelo programa Intelligent Energy [19]. Coordenado pela empresa de serviços energéticos alemã Berliner Energieagentur GmbH (BEA), este projecto visa a disseminação de informação adequada e serviços de consultoria com o objectivo de auxiliar as famílias de baixos rendimentos na poupança de água e energia.

¹O programa Intelligent Energy da UE tem como objectivo fornecer meios à realização de projectos relacionados com a redução do consumo energético e o uso de energias renováveis, e tornar a UE mais eficiente em termos energéticos.

Muitas vezes estas famílias não conseguem suportar o investimento inicial na compra de aparelhos com maior nível de eficiência energética, e acabam por adquirir aparelhos em segunda mão menos eficientes, traduzindo-se assim em maiores despesas energéticas a longo prazo.

Os serviços prestados às famílias no âmbito deste projecto implicam instalação sem custos para as famílias de aparelhos de baixo custo que permitem poupar electricidade (assim como lâmpadas fluorescentes compactas, etc.) e ainda a sensibilização para a mudança de comportamentos energéticos de modo a que estas famílias possam obter reduções nos consumos energéticos sem custos associados.

PowerMeter

Desenvolvido pela Google, o PowerMeter é uma ferramenta de monitorização energética grátis que através da informação fornecida por contadores de energia permite ao utilizador consultar o seu consumo em tempo real, bem como o histórico semanal ou mensal [20].

Na Figura 2.2 visualiza-se a interface do PowerMeter, onde se pode verificar algumas das suas funções. No gráfico que traça o consumo, é possível visualizar a potência que está a ser consumida, mesmo quando não existe actividade por parte do utilizador, através das partes mais escuras do gráfico. Assim, o consumidor pode identificar que aparelhos estão a consumir em modo de *stand by* e reduzir esse consumo.

Além do consumo energético, é possível também consultar a previsão do gasto de electricidade anual, indicar um objectivo de poupança energética e consultar o progresso do utilizador em relação ao alcance desse objectivo, comparar o próprio consumo com os consumos de outros utilizadores ou mesmo com consumos passados. É ainda possível partilhar o seu consumo com outros amigos ou familiares, e também participar em foruns de discussão através de uma comunidade de utilizadores deste sistema criada para esse efeito.

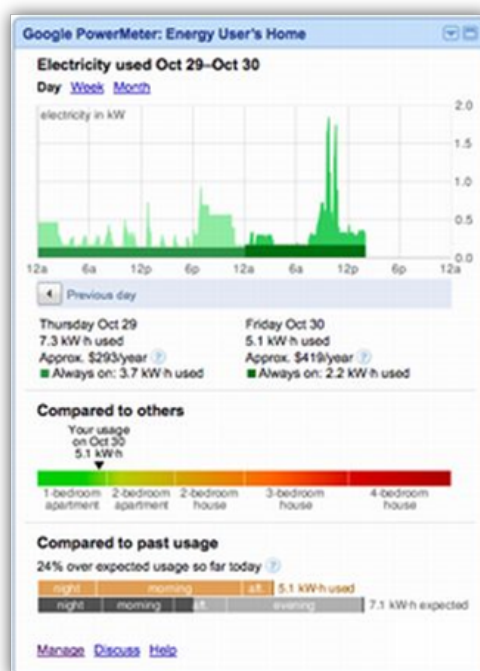


Figura 2.2: Interface do Google PowerMeter

Hohm

O Hohm da Microsoft é uma aplicação *online* grátis que estima o nível da eficiência energética de uma habitação com base no seu tamanho geral e na sua localização, e que fornece recomendações de poupança de energia através da análise da quantidade de energia que os habitantes usam e como, seja através da ligação automática ao fornecedor de energia (nos locais onde esta opção esteja disponível) ou através da inserção manual dos dados energéticos por parte do utilizador.

No *website* do sistema [21] é possível inserir um código postal e consultar o nível estimado de eficiência energética com base na localização. No entanto, ao efectuar uma inscrição no *website* o utilizador é confrontado com um questionário acerca da sua habitação e de como usa a energia, sendo que no final do questionário será gerado um relatório personalizado com várias recomendações de poupanças energéticas, bem como um nível de eficiência energética da habitação mais apurado, baseado na informação introduzida pelo utilizador (tamanho da habitação, data de construção, tipo de climatização, etc.).

Na Figura 2.3 encontra-se a interface do Microsoft Hohm, onde é possível visualizar alguns aspectos relacionados com a localização do utilizador em questão, bem como algumas dicas de como poupar energia.



Figura 2.3: Interface do Microsoft Hohm [22]

O sistema baseia-se no facto de que os utilizadores ao consultarem o nível de eficiência energética da sua habitação e comparando-a com as outras habitações semelhantes ficam mais conscientes do

que podem poupar e onde, através dos relatórios e recomendações de poupança energética.

Além disso, existem ainda comunidades relacionadas com este sistema nas várias redes sociais existentes, desde os clássicos blogs aos mais utilizados Facebook, Twitter e Youtube, onde são criadas várias conversas e discussões entre os utilizadores deste sistema sobre a eficiência energética das suas habitações, bem como os vários métodos de poupança energética utilizados e respectivos resultados [23].

EnergiKollen

Este sistema foi desenvolvido através de uma parceria entre a empresa de serviços de tecnologias de informação Logica e a companhia eléctrica sueca Växjö Energi AB (VEAB), e tem como objectivo encorajar os consumidores a ter uma melhor percepção do seu consumo e consequentemente reduzi-lo [24].

Vencedor do prémio European Utility Award pela satisfação do cliente, o sistema EnergiKollen recolhe os dados relativos à leitura do consumo energético de uma habitação e através de um portal Web mostra ao consumidor os gráficos evidenciando as mudanças no consumo energético (Figura 2.4) [25].

Como se pode ver na Figura 2.4, a interface deste sistema fornece ao utilizador uma visão simples e geral do seu consumo individual (primeira área seleccionada), bem como do seu enquadramento energético dentro de uma comunidade (área do meio). Em relação a este aspecto, é de frisar que um dos pontos fortes deste sistema é justamente a oportunidade de comparar o consumo da própria habitação com outras habitações, incluindo ainda um género de competição entre habitações, onde o utilizador que conseguir uma maior poupança energética com a sua mudança comportamental durante uma semana é recompensado com um excelente prémio. Com esta competição e comparação de consumos energéticos, o sistema pretende fomentar uma maior motivação para os consumidores reduzirem o seu consumo.

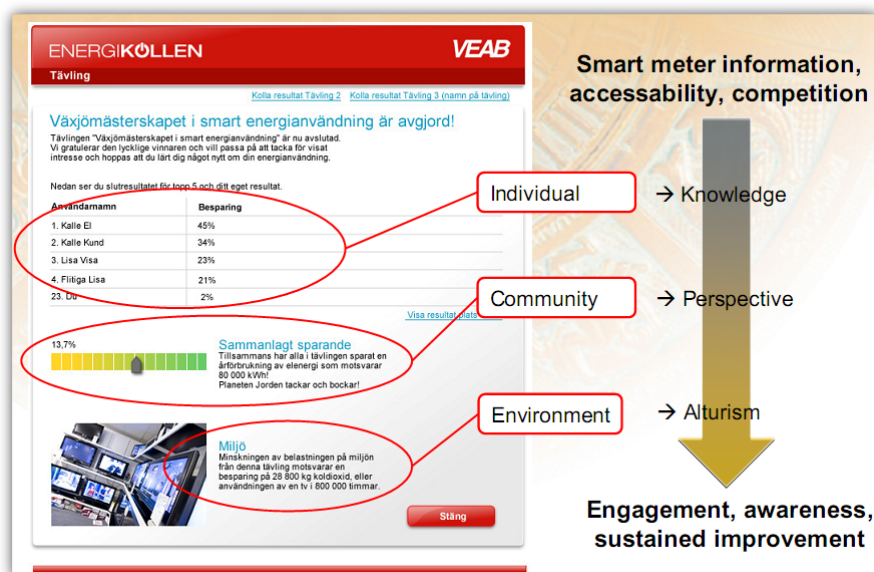


Figura 2.4: Portal Web do sistema EnergiKollen

Por fim, na terceira área seleccionada da Figura 2.4 é possível consultar algumas sugestões à

redução do consumo energético, bem como os respectivos benefícios ambientais.

2.4.3 Breve reflexão sobre os sistemas existentes

Como é possível concluir com a análise destes projectos, a grande maioria dos sistemas existentes que incidem na área da eficiência energética em habitações baseiam-se na disseminação de informação junto dos consumidores, bem como a execução de auditorias energéticas nas habitações. No entanto nenhum destes sistemas faz um acompanhamento a tempo inteiro dos consumidores e dos seus hábitos energéticos, e os que visam a consciencialização dos cidadãos fazem-no pontualmente com campanhas de consciencialização ou dicas gerais sobre poupança energética.

Existem ainda alguns projectos onde é envolvido algum material de recolha e análise de dados, nomeadamente contadores de energia que permitem a análise em tempo real do consumo da habitação, mas não têm a capacidade de inferir o comportamento social e energético dos habitantes no seu dia-a-dia.

Capítulo 3

Modelo Conceptual

Neste capítulo será dada uma visão global sobre o sistema HOMER (HOMe Energy adviseR), seguida de uma visão arquitectural onde é feita a descrição dos diferentes componentes sobre os quais o sistema se baseia. É por fim facultada uma visão funcional destes componentes recorrendo à ferramenta de modelação gráfica UML.

3.1 Visão Global do Sistema

O sistema HOMER tem como principal objectivo inferir o comportamento energético dos residentes de uma habitação e a partir desse comportamento fornecer aconselhamento dedicado acerca dos seus hábitos de consumo energético, de modo a que os habitantes se tornem mais conscientes e eficientes ao nível do seu comportamento energético (Figura 3.1). Denominou-se este sistema de HESAS, *Home Energy Saving Adviser System*.



Figura 3.1: Visão global do sistema

O sistema HESAS está dividido em três módulos principais (Figura 3.2): o módulo de Aquisição de Dados, que é a camada física que actua como “olhos e ouvidos” de todo o sistema recolhendo a informação ambiental envolvente e, com o auxílio de uma camada de *software*, fornece a comunicação entre a camada física e os restantes módulos de software; o módulo de Análise Comportamental e Aconselhamento Dedicado, que consiste numa aplicação computacional que actua como “o cérebro” do sistema onde o comportamento energético dos habitantes é avaliado e, tendo em conta a habitação em causa, os hábitos energéticos dos seus habitantes e os seus perfis energéticos, os aconselhamentos dedicados são personalizadamente gerados e, por fim, existe o módulo de Interface, onde o utilizador pode visualizar os aconselhamentos gerados pelo módulo de *software*, bem como vários outros aspectos relacionados com o seu consumo energético.

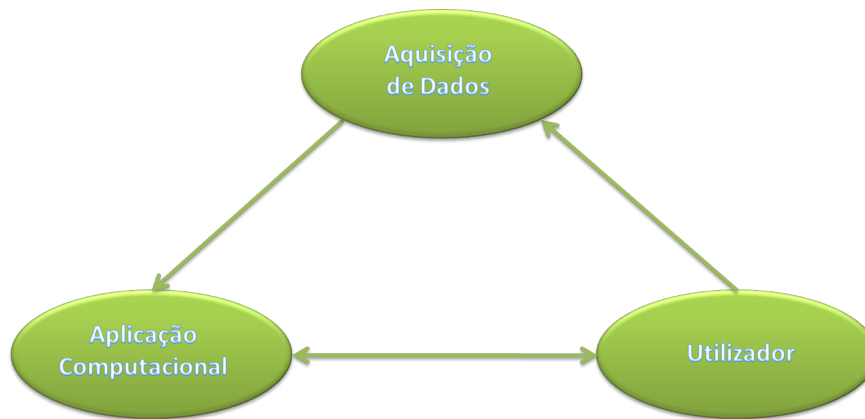


Figura 3.2: Os três módulos do sistema e as interações entre si

3.2 Visão Arquitectural

O modelo aqui apresentado tem o intuito de dar uma visão arquitectural do sistema, partindo do quadro geral mostrado anteriormente e descendo níveis de abstracção, dividindo assim o problema em vários módulos de modo a que se consiga uma melhor compreensão de como o trabalho foi desenvolvido. A Figura 3.3 mostra como todo o sistema actua. Começando pelo nível mais baixo do modelo, os valores das variáveis ambientais são adquiridos através de uma rede de sensores instalada em cada divisão da habitação em causa. Esses dados sensoriais são então enviados para o módulo de *software*, onde um Motor de Inferência baseado em regras escolhe a informação necessária para avaliar os comportamentos dos habitantes e processa toda esta informação através de uma Base de Conhecimento, tendo em conta os vários dados ambientais e suas perturbações. Após inferência do comportamento dos habitantes, aconselhamentos dedicados são gerados e mostrados através do módulo de Interface de modo a que os utilizadores possam então saber de que forma poderão melhorar o seu comportamento e eficiência energética.

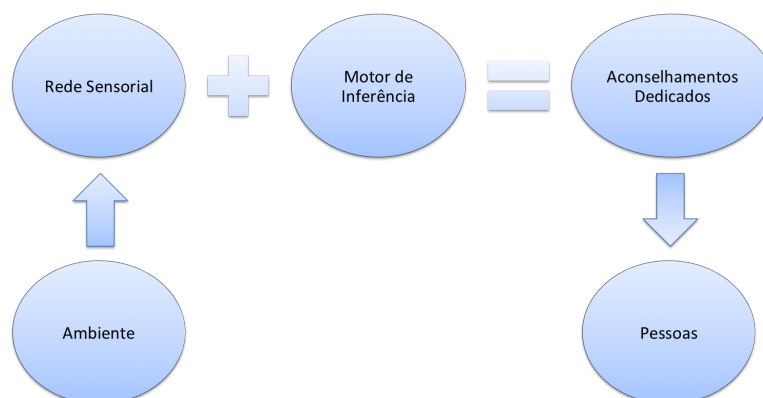


Figura 3.3: Modelo Conceptual do HESAS

Descendo um nível de abstracção no modelo da figura anterior, analisa-se agora o modelo operacional que mostra os principais módulos constituintes do sistema e a interacção entre eles, represen-

tado na Figura 3.4. De notar que o módulo de Análise Comportamental e Aconselhamento Dedicado, bem como a sua Base de Conhecimento (ou base de dados das regras) são parte de outro trabalho que será referido ao longo deste documento de forma a que seja possível ao leitor a melhor compreensão de todo o sistema HESAS, cuja descrição resumida se encontra na secção 3.4. Deste trabalho resultam os módulos de aquisição de dados (que fornece a base física do sistema) e de interface do sistema (que mostra os resultados ao utilizador).

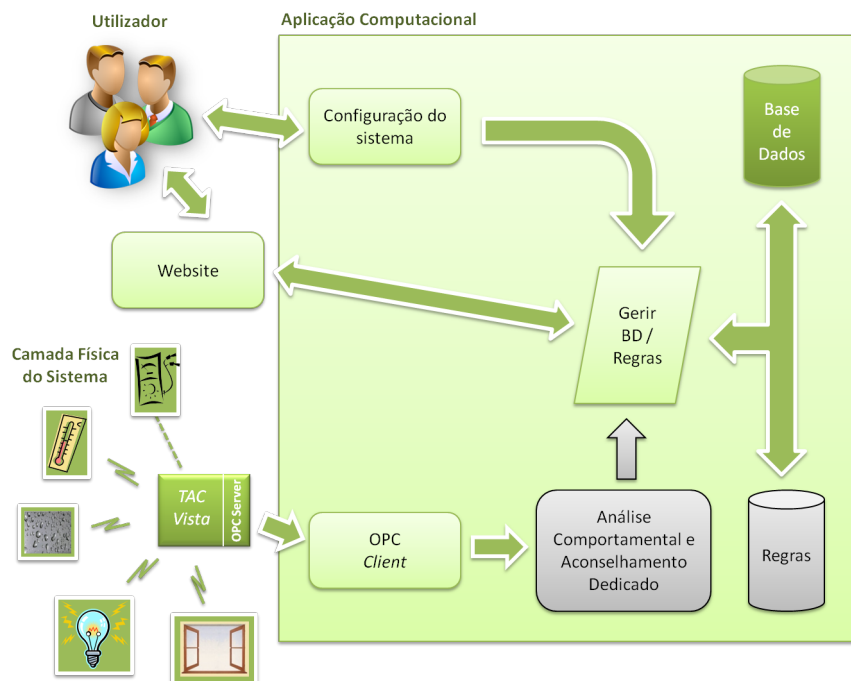


Figura 3.4: Modelo operacional do HESAS

A camada física do HESAS vai comunicar com a aplicação computacional através de um *software* de gestão energética cuja finalidade é a de organizar toda a rede física. O *software* escolhido para o efeito foi o TAC Vista da Schneider. Este *software* disponibiliza à aplicação desenvolvida os dados ambientais recolhidos através da especificação OPC (OLE¹ for Process Control) . Esta especificação é descrita detalhadamente na Secção 3.2. Uma vez disponíveis as variáveis ambientais, uma breve configuração inicial é necessária de modo a que os sensores existentes possam ser associados às devidas divisões e habitações, no caso de haver mais que uma. Após esta breve inicialização, a estrutura da base de dados é então criada a partir da estrutura da própria habitação ou edifício indicada aquando da configuração, facilitando assim o processamento e interpretação dos dados sensoriais pelo resto dos módulos do HESAS. Com toda a estrutura criada, as variáveis ambientais começam de imediato a ser registadas na base de dados do sistema e a serem processadas pelo módulo de Análise Comportamental e Aconselhamento Dedicado, começando assim o processo de avaliação do comportamento energético dos habitantes.

É importante referir que a base de dados vai servir de ponte entre o presente trabalho e o trabalho de Análise Comportamental e Aconselhamento dedicado, pois como foi mencionado anteriormente, apesar de fazerem parte do mesmo sistema, são trabalhos distintos.

¹OLE (Object Linking and Embedding) é uma tecnologia Microsoft que permite a ligação e incorporação entre objectos distribuídos.

Finda a análise comportamental são então gerados os aconselhamentos dedicados em função do comportamento dos habitantes, de modo a que estes se tornem mais conscientes a nível do seu consumo energético. De frisar que estes aconselhamentos não são apenas gerados em função dos comportamentos num determinado instante. Durante o processo de avaliação comportamental o sistema tem em atenção as últimas acções dos habitantes de modo a detectar algum padrão existente nessas mesmas acções e, conseqüentemente, penalizar ou felicitar de modo acrescentado ao verificar repetições de comportamentos. Estes aconselhamentos são consultados através da interface gráfica interactiva desenvolvida, que neste caso será um *Website*, para que toda a informação possa ser consultada a partir de qualquer lugar, desde que exista uma ligação à Internet.

OPC

O OPC é uma especificação de normas que especificam a comunicação de dados em tempo real entre dispositivos de controlo de diferentes fabricantes. Esta especificação baseia-se nas tecnologias OLE, COM² e DCOM³ desenvolvidas pela Microsoft para a família de sistemas operativos Windows e é o resultado da colaboração de vários fornecedores de tecnologias de automação com a Microsoft. As tecnologias COM e DCOM possibilitaram a criação de uma ponte entre aplicações Windows e *hardware* de controlo de processos [26].

O OPC é composto por um servidor *OPC Server* do dispositivo *hardware* que envia os seus dados através da tecnologia DCOM para o cliente *OPC Client* em *software*. Mais uma vez, como o objectivo do OPC é a interoperabilidade dos dispositivos, o fabricante do cliente OPC não necessita de ser o mesmo do servidor.

A norma OPC mais usada e que é também implementada neste sistema é a norma *OPC Data Access*, que permite a leitura e escrita de dados em tempo real. Esta norma é composta por três objectos: o servidor, o grupo e o item. O objecto *OPC Server* (servidor) contém a informação relativa ao servidor e contém os objectos *OPC Groups* (grupos). Estes objectos por sua vez contêm informação relativa ao grupo, definem e organizam logicamente os objectos *OPC Items* (items) e fornecem ao cliente um modo de organizar os dados. Em cada grupo o cliente pode definir um ou mais items. Estes items não estão acessíveis directamente ao cliente, mas sim através do acesso ao grupo que os define [27].

No presente sistema o servidor é o TAC Vista *OPC Server*, que envia todos os dados da rede LonWorks via DCOM, e o cliente OPC é um módulo da aplicação desenvolvida com o intuito de receber os dados da rede e disponibilizá-los para os restantes módulos *software* (Figura 3.5).

²COM (Component Object Model) é uma tecnologia Microsoft que permite a comunicação entre componentes de software.

³DCOM (Distributed Component Object Model) é uma tecnologia Microsoft da família da tecnologia COM que permite a comunicação entre componentes de software distribuídos numa rede.

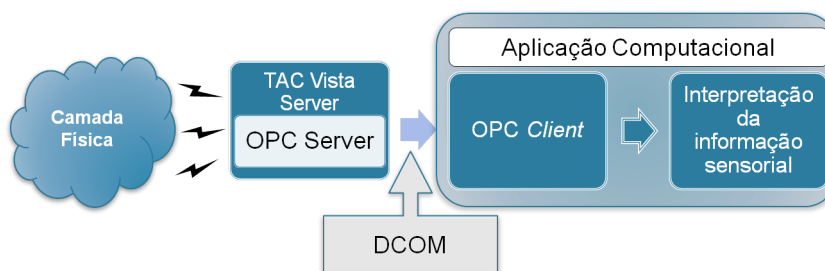


Figura 3.5: Fluxo de dados *hardware-software* através do OPC

3.3 Diagramas de Casos de Uso

De modo a facultar uma visão funcional sobre o trabalho a desenvolver recorre-se à ferramenta de modelação gráfica UML, mais concretamente aos diagramas de casos de uso. Nestes diagramas são ilustradas as interações das entidades externas (referidas como actores) com as várias funcionalidades do sistema (referidas como os casos de uso).

3.3.1 Aquisição de Dados

O módulo de Aquisição de Dados encontra-se no nível mais baixo do sistema, o nível físico. Como foi dito anteriormente, este é o módulo responsável por adquirir as variáveis ambientais através de um conjunto de sensores, reencaminhando posteriormente estas variáveis para os módulos de *software* de modo a serem processadas e tratadas pelos vários blocos existentes.

Analizando o diagrama de casos de uso para o módulo de Aquisição de Dados, representado na Figura 3.6, retira-se de imediato as três principais funcionalidades deste módulo disponíveis ao utilizador: Configurar Sistema, Consultar Valores DB e Consultar Valores OPC. Descreve-se então em detalhe cada uma destas funcionalidades:

- Configurar Sistema fornece a configuração inicial de todo o sistema base. A configuração é composta por um *setup* que consiste essencialmente em cinco passos que permitem definir a topologia física da(s) habitação/habitações, bem como a configuração da comunicação de toda a camada física com os módulos de *software*. O primeiro passo começa com uma autenticação através da funcionalidade Autenticar, seguido da definição das características do sistema. Aqui é indicado o tipo de infra-estrutura onde vai ser instalado o sistema (edifício/moradia), o número de habitações existentes (no caso de ser um prédio ou um condomínio, por exemplo), e o número (ou lote) do edifício. O próximo passo é a configuração da comunicação entre o *hardware* e o *software*, onde cada sensor existente é associado a cada uma das divisões das habitações. Esta configuração será debatida com mais detalhe no capítulo da implementação (Capítulo 4). Por fim, é dada a opção de finalização da configuração da ligação à Base de Dados de forma automática ou manual.
- Ver Valores DB permite a consulta dos valores sensoriais gravados na Base de Dados do sistema, sendo possível escolher individualmente cada sensor de cada divisão de cada habitação

existente.

- Ver valores OPC é onde são disponibilizados os valores dos sensores em tempo real, novamente com a possibilidade de escolha individual de cada sensor de cada divisão existente em cada habitação.

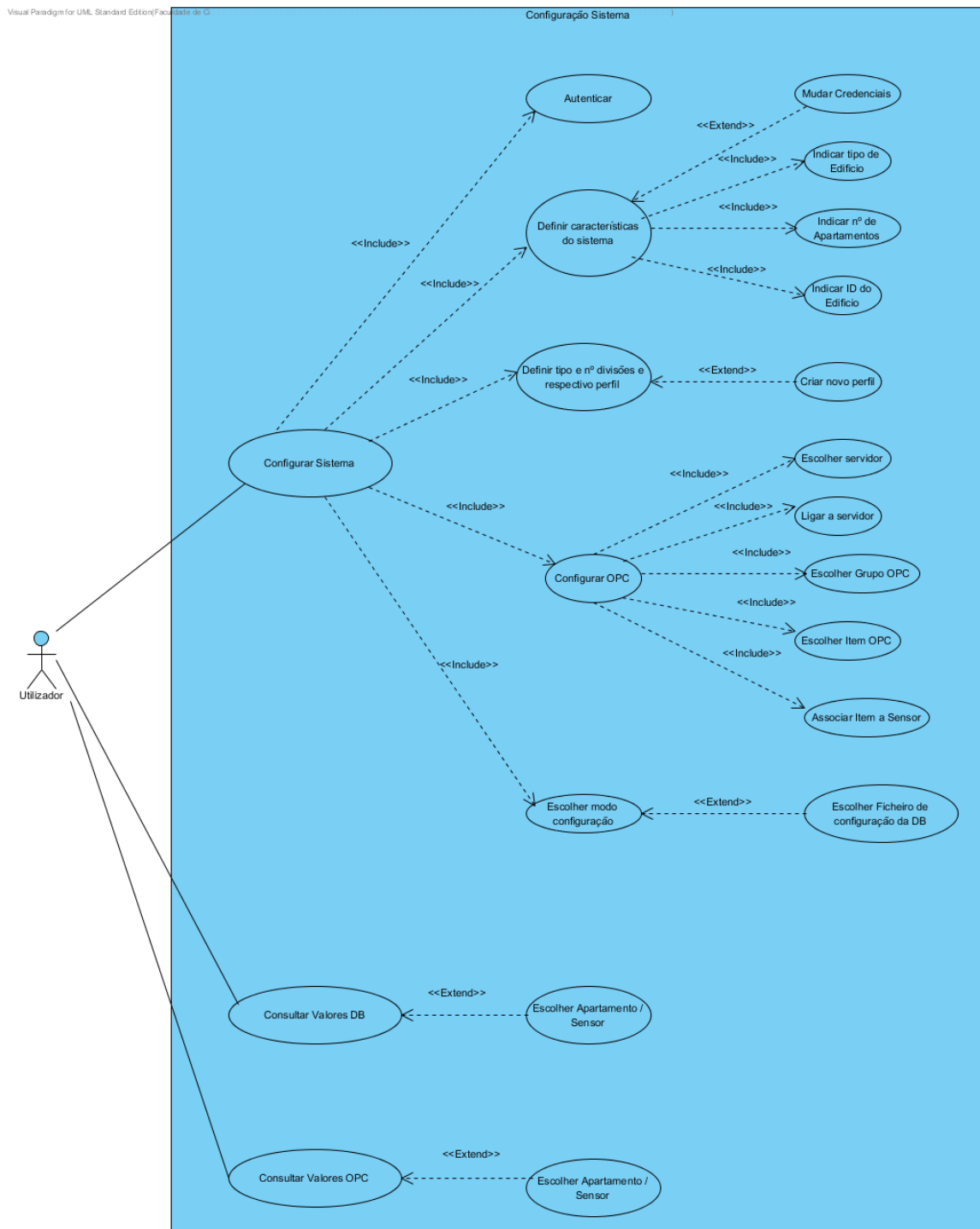


Figura 3.6: Casos de Uso para o módulo de Aquisição de Dados

3.3.2 Interface

A interface é onde os resultados de todos os módulos são apresentados ao utilizador, de maneira sucinta e interactiva. Referindo novamente, esta interface é uma página *Web* com o intuito de permitir ao utilizador consultar a informação relativa ao seu consumo energético bem como consultar o histórico dos seus comportamentos energéticos e dos respectivos aconselhamentos gerados a partir de qualquer parte do mundo, desde que tenha acesso à Internet.

A ponte entre os módulos anteriores e a interface é a base de dados do sistema. A aplicação descrita anteriormente guarda constantemente os dados (valores sensoriais, aconselhamentos gerados a partir dos comportamentos energéticos, etc.) na base de dados e, por outro lado, sempre que a página *Web* é consultada por um utilizador esta carrega da base de dados toda a informação relativa ao respectivo utilizador e mostra-a nos respectivos menus.

Existem três tipos de entidades externas que podem interagir com a interface *web* do sistema, que são os actores Visitante, Utilizador e Administrador.

Casos de Uso para o Actor Visitante

Designa-se por Actor Visitante a entidade que interage com o sistema pela primeira vez e que não está registada no sistema. Toma-se como exemplo o utilizador que faz uma primeira interacção com o sistema e o respectivo *website*. Outro exemplo é sempre que um utilizador do sistema deseja aceder ao *website* tem que iniciar a sessão com as suas credenciais de modo a que tenha acesso ao seu conteúdo. Assim, o visitante tem apenas duas simples funcionalidades ao seu dispor (Figura 3.7):

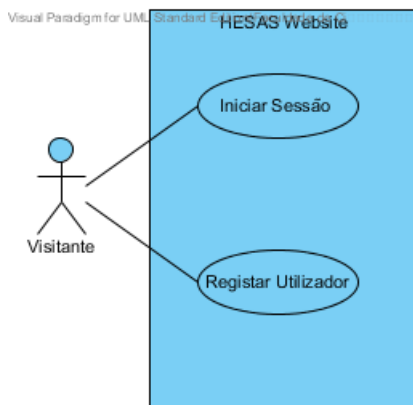


Figura 3.7: Casos de uso da interface gráfica do sistema para o actor Visitante

- Iniciar Sessão é onde o actor Visitante é já um utilizador e está registado no sistema, desejando assim aceder ao seu conteúdo *online*. Para Iniciar Sessão o actor Visitante insere os seus dados de registo, sendo que ao ser bem sucedido no início da sessão o actor Visitante deixa de ter o perfil de Visitante e passa a ser designado como actor Utilizador.
- Registar Utilizador é a funcionalidade que permite ao actor registar-se no *website*. Para tal a habitação do Visitante tem que fazer parte do sistema, de modo a que quando este se regista fica a ele associada a sua habitação e de imediato fica disponível a respectiva informação. Ao efectuar o registo com êxito, o actor Visitante passa a ter o perfil de Utilizador, cujos casos de uso são explicados de seguida.

Casos de Uso para o Actor Utilizador

O Actor Utilizador é a entidade externa que já está registada no sistema e respectivo *website*, e que ao interagir com este tem acesso a toda a informação relativa à sua habitação em termos de eficiência energética e consumo eléctrico. As funcionalidades disponíveis ao actor Utilizador estão representadas na Figura 3.8:

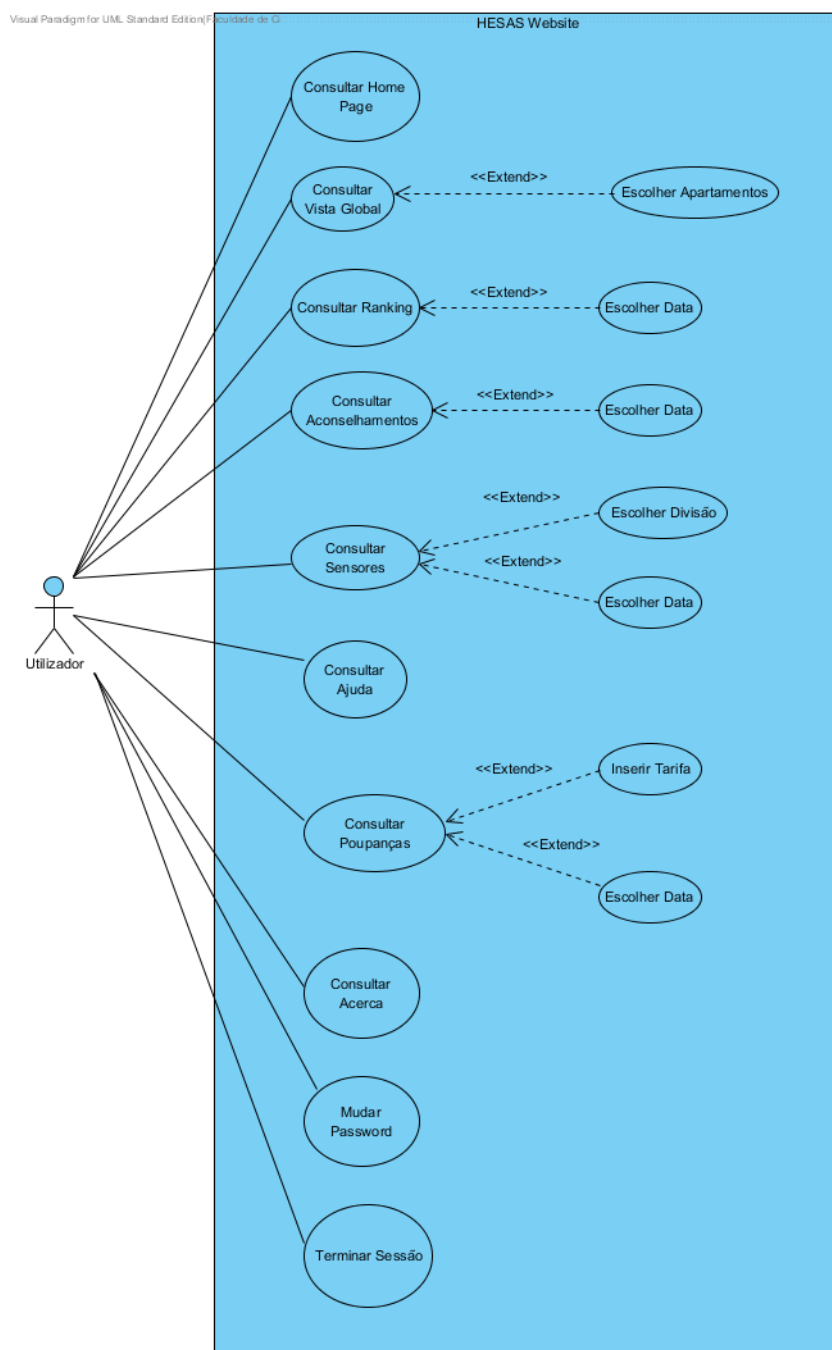


Figura 3.8: Casos de uso para o Utilizador do HESAS

Define-se então as funcionalidades enumeradas na Figura 3.8:

- Consultar Home Page é onde pode ser consultada a informação de forma resumida acerca do utilizador em causa, como o seu número de apartamento, o seu *ranking* energético, e as últimas

mensagens recebidas por parte do sistema de aconselhamento, em tempo real.

- Consultar Vista Global fornece uma vista global dos *rankings* energéticos, tanto do utilizador em causa como dos seus vizinhos, havendo ainda a opção de escolha das habitações para as quais os *rankings* são mostrados, possibilitando assim a comparação entre os *rankings* das várias habitações pertencentes ao sistema.
- Consultar Ranking é onde a evolução detalhada do utilizador, em termos de *ranking* energético, é ilustrada, num dado intervalo temporal.
- Consultar Aconselhamentos mostra a lista dos aconselhamentos diários, bem como o resumo semanal, se o Utilizador assim o escolher.
- Consultar Sensores apresenta o histórico dos valores sensoriais da sua habitação no intervalo temporal escolhido, dando a opção a este navegar pelas várias divisões da sua habitação.
- Consultar Ajuda tem o propósito de auxiliar o Utilizador na navegação pelo *website*, explicando assim o que este pode encontrar em cada página.
- Consultar Poupanças é a funcionalidade que fornece ao Utilizador a informação de quanto este está a poupar ao utilizar este sistema. Aqui são apresentadas as evoluções da poupança monetária, bem como do consumo da sua habitação. A funcionalidade permite ainda a inserção da tarifa energética actual do utilizador, bem como a escolha de um intervalo temporal para consulta do histórico destas funcionalidades.
- Consultar Acerca contém a informação relativa às entidades envolvidas no desenvolvimento deste projecto.
- Mudar Password permite a alteração da *password* de acesso ao *website*.
- Terminar Sessão permite, como o próprio nome indica, terminar a sessão do Utilizador no *website*. Ao ser executada, esta funcionalidade muda o perfil do actor de Utilizador para Visitante, explicada anteriormente.

Casos de uso para o Actor Administrador

O Actor Administrador é aquele que administra o interface *web* do sistema, o que neste cenário se traduz nos casos de uso da Figura 3.9:

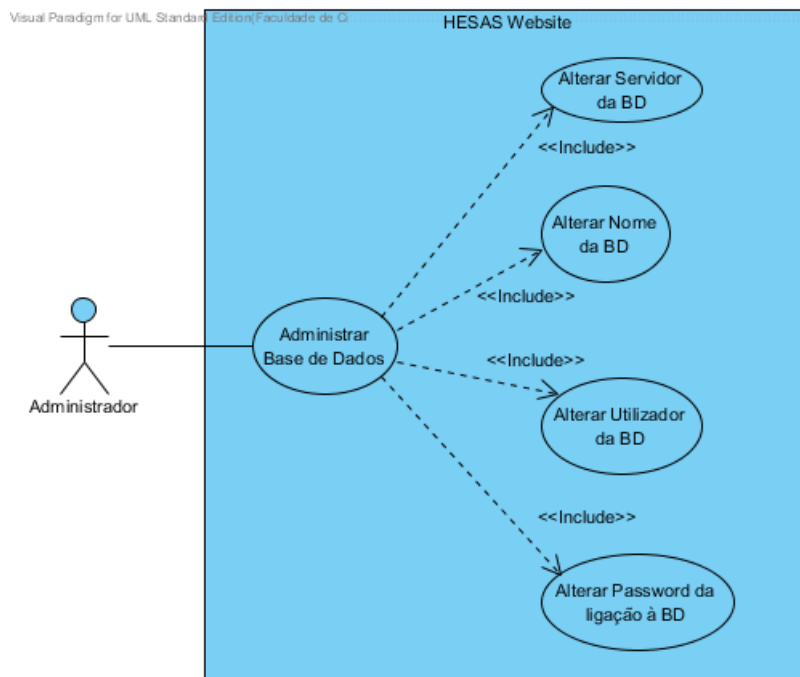


Figura 3.9: Casos de uso para o Administrador do sistema

Aqui o Administrador tem como função administrar a ligação da interface *web* com a Base de Dados do sistema. O presente *website* liga-se automaticamente à base de dados do sistema com os valores *standard* pré-definidos. No entanto, na eventualidade de se criar uma outra base de dados de sistema ou os parâmetros de ligação à actual forem alterados, o Administrador tem como função alterar estes parâmetros na interface *web*, de forma a que a ponte entre os módulos de Aquisição de Dados e a presente interface seja sempre existente.

3.4 Análise Comportamental e Aconselhamento Dedicado

Como referido anteriormente, este módulo não faz parte do presente trabalho desenvolvido, mas sendo um módulo central do sistema global é fundamental que o leitor tenha uma ideia da função deste módulo para que todo o sistema seja compreendido.

O módulo de Análise Comportamental e Aconselhamento Dedicado pode ser considerado como o cérebro do HESAS, pois é aqui que o comportamento energético dos habitantes é inferido e que são gerados os aconselhamentos dedicados a partir desses comportamentos. Para tal, o módulo é constituído por um sub módulo de Decisão Baseada em Regras e Motor de Inferência que recorre a uma Base de Conhecimento e a um bloco de memória (Figura 3.10).

A Base de Conhecimento contém o "conhecimento" usado para resolver o problema, ou seja, consiste num conjunto de regras que definem certos padrões de comportamentos do utilizador, onde cada regra denota uma consequência resultante de um conjunto de factos previamente definidos: iluminação acima do conforto, persianas fechadas, temperatura muito baixa, etc.

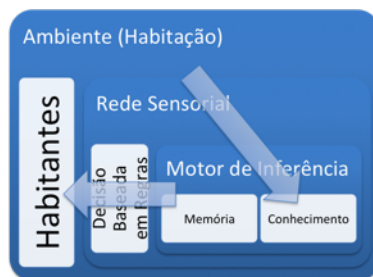


Figura 3.10: Motor de Inferência do sistema

Um exemplo geral de uma regra será:

SE existe iluminação exterior suficiente

SE as persianas estão fechadas

SE a luz interior está ligada

ENTÃO está a haver desperdício de energia eléctrica e o utilizador está a ter um comportamento energeticamente inadequado e ineficiente.

O utilizador é alertado para tal facto e é também aconselhado sobre o comportamento que deverá ter em situações idênticas no futuro.

O bloco de memória retém as aprendizagens efectuadas aquando da inicialização do Motor de Inferência, assim como o nível de iluminação média instalada na divisão, o coeficiente de correlação entre a iluminação (e temperatura) exterior e interior da divisão, etc., bem como um histórico de comportamentos anteriores de modo a avaliar a evolução comportamental dos habitantes e os aconselhar de um modo mais refinado. Estas aprendizagens podem ser efectuadas com recurso a um menu que pode ser acedido através do quarto botão da aplicação mencionado em 4.5.2.

O Motor de Inferência recebe os dados sensoriais (provenientes dos módulos descritos nas secções anteriores) e percorre a Base de Conhecimento com a finalidade de inferir o comportamento dos habitantes e recorre também ao seu módulo de memória de modo a que esta avaliação comportamental seja mais apurada e precisa [28]. De frisar que o Motor de Inferência recorre não só aos dados ambientais e respectivas perturbações fornecidas pelos sensores, mas também ao perfil energético dos habitantes em causa para que a avaliação comportamental seja adaptada a cada caso e ambiente específico (altura do ano, condições climáticas da região em causa, etc.).

Finda a análise comportamental do Motor de Inferência entra em operação o módulo de Decisão Baseada em Regras, cuja finalidade é a de decidir qual o aconselhamento mais apropriado para o utilizador na situação em causa, tendo como base os resultados apresentados pelo Motor de Inferência. No exemplo anterior o habitante será aconselhado a ter em atenção as persianas quando se encontra luz natural suficiente no exterior, não apenas para poupar energia eléctrica mas também para encorajar um estilo de vida mais eficiente ao longo do tempo.

A par da geração de aconselhamentos dedicados, existe também um sistema de pontuação onde cada habitação começa com um certo nível de pontuação, sendo então aplicada uma penalidade na pontuação sempre que o sistema detecte um comportamento energético não positivo por parte de um habitante da respectiva habitação. No fim de cada dia é então contabilizada a pontuação diária de cada utilizador com base nas penalidades existentes ao longo do respectivo dia. Esta pontuação tem como base a etiquetagem energética conforme a Directiva Quadro Europeia (92/75/CEE), onde o nível mais baixo de eficiência energética é o G e o mais eficiente é o A+. De frisar que o sistema distingue se o

mau comportamento está relacionado com a iluminação ou com a temperatura, e os aconselhamentos gerados levam em conta o peso de cada penalidade, daí ser um aconselhamento dedicado. Este sistema de pontuação foi criado com o intuito de fomentar um sentido de competição saudável entre as várias habitações participantes no sistema, de modo a encorajar ainda mais os habitantes a adaptar o seu estilo de vida e a tornarem-se mais conscientes e energeticamente eficientes.

Capítulo 4

Implementação

Neste capítulo será descrito todo o processo de implementação do trabalho proposto, acompanhado dos respectivos modelos e suas descrições.

4.1 Estrutura do sistema

O *software* desenvolvido neste trabalho tem como objectivo principal o de comunicar com a camada física do sistema de modo a receber e guardar continuamente as variáveis sensoriais numa base de dados de modo a que estas variáveis possam ser processadas posteriormente. Como foi explicado no modelo conceptual do sistema, a camada de *software* é composta por três módulos principais: o *OPC Client*, o módulo que processa a informação sensorial proveniente do cliente OPC e o módulo de interface gráfica com o utilizador (que neste caso é uma página *web* interactiva). Existe ainda um módulo intermédio que é a Análise Comportamental e Aconselhamento Dedicado que, como já foi dito anteriormente, não faz parte deste trabalho e já foi descrito resumidamente em 3.4, de modo a que o leitor tenha uma visão geral e completa de todo o projecto.

A estrutura de dados do sistema que vai albergar os valores sensoriais está organizada segundo a topologia ilustrada na Figura 4.1, que vai ser a estrutura utilizada ao longo de toda a implementação.

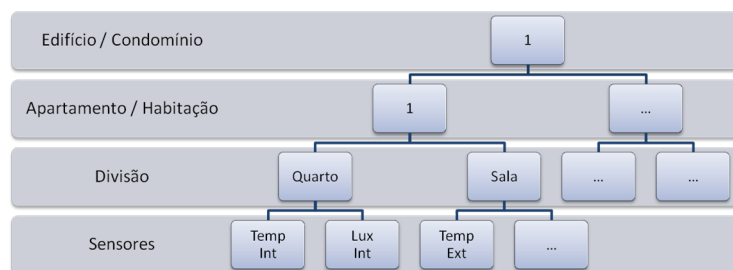


Figura 4.1: Topologia da estrutura dos dados sensoriais

Esta estrutura está organizada de modo hierárquico, onde o nó de mais alto nível é o edifício, seguido dos vários apartamentos, as várias divisões de cada apartamento e por fim os respectivos sensores de cada divisão, que são os elementos de mais baixo nível da estrutura.

4.2 Diagramas de Classes

Estes diagramas têm como objectivo dar uma visão estática sobre a implementação do HESAS, listando as classes definidas e os seus atributos e métodos. Os diagramas de classes estão estruturados de modo a dividir o sistema em três módulos: Interface, Controlo e Entidade. O módulo de Interface é onde acontece a interacção do sistema com entidades exteriores, ou seja, mostra as funcionalidades ao actor externo, recolhe as suas solicitações e reencaminha-as para o módulo de Controlo. Após este módulo de Controlo processar as respectivas solicitações reencaminha os seus resultados de volta para a Interface, que por sua vez os mostra ao actor. O módulo de Controlo é onde todo o processamento é realizado, ou seja, é o cérebro que recebe as solicitações da camada Interface, processa-as aplicando os respectivos algoritmos de cálculo, e envia os resultados de volta para a Interface. Por fim, o módulo Entidade é responsável por interagir e gerir os dados que se encontram na base de dados do sistema. É aqui que se adicionam, consultam ou apagam registos da base de dados.

Entre os dois primeiros módulos, Interface e Controlo, existe uma relação de interacção, uma vez que o módulo Interface interage directamente com o módulo Controlo e vice-versa. No entanto, entre o módulo Controlo e o módulo Entidade existe uma relação de dependência, uma vez que grande parte das operações do módulo Controlo dependem directamente do módulo Entidade, como por exemplo a classe DatabaseViewer que não é mais do que mostrar o conteúdo da base de dados do sistema (o que é feito através do módulo Entidade).

4.2.1 Aquisição de Dados e Processamento da Informação Sensorial

Explica-se então a implementação dos módulos responsáveis por fazer a aquisição de dados do sistema físico e interpretar estes dados. Esses módulos estão agregados numa aplicação, cujo diagrama de classes será agora descrito.

Devido ao tamanho deste diagrama e para que seja possível ao leitor ter uma visualização mais confortável do diagrama, este pode ser consultado no Apêndice A, passando-se assim à listagem das classes existentes:

- A classe DatabaseViewerCtrl, em conjunto com a classe DatabaseViewerI com a qual interage directamente, permitem a visualização dos valores sensoriais que estão guardados na base de dados do sistema, funcionando assim como que um histórico temporal da evolução dos valores sensoriais obtidos.
- A classe ShowValuesCtrl, em conjunto com a classe ShowValuesI com a qual interage directamente, permitem por sua vez a visualização dos valores sensoriais em tempo real, funcionando assim como que uma monitorização em tempo real de todos os sensores do sistema.
- As classes SystemConfigCtrl e SystemConfigI e a respectiva interacção são responsáveis pela configuração das características do sistema, tais como o número e tipo de habitações com que se está a lidar, etc.
- As classes DivisionsConfigCtrl e DivisionsConfigI e a respectiva interacção executam a criação e configuração das divisões das habitações, indicando o tipo de divisão bem como o respectivo perfil energético.

- Da interacção da classe *OPCConfigCtrl* com a classe *OPCConfigI* resulta a configuração do *OPC Client*, onde é configurada a ligação OPC e é também feita a associação de cada sensor físico com as divisões criadas anteriormente.
- A classe *DatabaseConfigCtrl* interage com a classe *DatabaseConfigI*, e estas permitem a configuração inicial da base de dados do sistema.
- *HomeFormCtrl* interage com *HomeFormI* e é a interface principal onde se assegura a navegação entre as várias funcionalidades desta aplicação.
- Por fim, a classe *OPCBackground* é onde existe um *pooling* contínuo ao *OPC Server* (aos sensores) de modo a que quando um valor sensorial chega ao *OPC Client* seja imediatamente guardado na base de dados do sistema e processado pelos restantes módulos, inclusive pela classe *ShowValuesCtrl*, daí esta manter uma relação de dependência com a classe *OPCBackground*. Quando a classe *ShowValuesCtrl* é "chamada" tem que ir "buscar" os valores sensoriais à classe *OPCBackground* para que os possa encaminhar para a classe *ShowValuesI* que por sua vez os mostra ao actor. A classe *OPCBackground* tem uma relação de dependência com a classe *OPCConfigCtrl*, pois sem existir uma configuração do *OPC Client* não existe uma ligação ao sistema físico e consequentemente não pode fazer o *pooling*.

De notar que as classes pertencentes ao módulo Entidade não estão aqui listadas, o que se deve ao facto de que neste módulo cada classe representa uma tabela da base de dados, bem como cada atributo da classe representa o respectivo atributo da tabela de dados. Assim sendo, este módulo será consequentemente analisado aquando da análise ao Diagrama de Entidade e Relação do sistema (Secção 4.4).

4.2.2 Interface

Visto que a aplicação de Interface desenvolvida é um *website*, cada classe representa cada sub-página do mesmo. Analisam-se então as respectivas classes:

- A classe *LoginCtrl* interage com a classe *LoginI*, sendo que aqui são efectuadas as operações relacionadas com o registo, entrada e saída de utilizadores no site, bem como a alteração de *password*.
- A classe *HomeCtrl* interage com a classe *HomeI*, mostrando ao utilizador um resumo da sua informação.
- A classe *OverviewCtrl* interage com a classe *OverviewI*, dando assim uma vista global ao utilizador das suas pontuações, recorrendo ao traçado de gráficos.
- Com a interacção da classe *RankingCtrl* com *RankingI* resulta o traçado de alguns gráficos que representam a evolução num intervalo de tempo escolhido pelo utilizador das suas pontuações.
- A classe *AdvicesCtrl* interage com a classe *AdvicesI* para que seja possível ao utilizador a visualização dos seus aconselhamentos energéticos dedicados.
- *ValuesCtrl* interage com *ValuesI* de modo a fornecer um histórico temporal dos valores sensoriais de cada divisão da habitação do utilizador.

- Para demonstrar a poupança possível com este sistema foi criada a classe SavingsCtrl que interage com a classe SavingsI, onde é feito o traçado do consumo energético total da habitação, bem como do respectivo diagrama de carga e do histórico de poupança monetária a partir da aquisição deste sistema.
- Por fim, a classe AdministrationCtrl interage com a classe AdministrationI para permitir a administração da ligação do website com base de dados do sistema.

Visto que a base de dados de todo o sistema é única e atendendo à explicação do módulo Entidade dada anteriormente, o módulo Entidade da Interface é então o mesmo que foi antes mencionado. Assim sendo, analogamente ao facto de que a base de dados do sistema funciona como ponte entre a aquisição e processamento de dados sensoriais e a interface, também aqui o módulo Entidade vai ser a ponte entre os diagramas de classes das diferentes aplicações, visto estas estarem interligadas através da base de dados.

Devido ao tamanho do diagrama de classes e para que seja possível ao leitor ter uma visualização mais confortável do diagrama, este pode ser consultado no Apêndice A.

4.3 Diagramas de Sequência

Os Diagramas de Sequência têm como finalidade dar uma visão dinâmica do funcionamento das aplicações, mostrando as interações dos recursos de cada aplicação com entidades externas, bem como as interações entre os próprios recursos. Cada diagrama representará a dinâmica de cada funcionalidade da aplicação, funcionalidade esta que se encontra representada nos diagramas de casos de uso do capítulo anterior.

4.3.1 Aquisição de Dados e Processamento da Informação Sensorial

Começa-se então por explicar o diagrama de sequência do caso de uso Configurar Sistema (visto que este diagrama de sequência é bastante grande, o diagrama encontra-se na íntegra no Apêndice B): quando o utilizador executa a aplicação é levado para o primeiro dos quatro passos de configuração do sistema, onde tem que inserir as características do sistema. Esta interface com o utilizador é executada pela classe SystemConfigI, sendo que o processamento da respectiva informação fica a cargo da classe SystemConfigCtrl. Após processamento da informação, a classe Apartment fica encarregue de guardar a informação submetida na base de dados do sistema, retornando assim o resultado até ao utilizador. Ainda neste passo da configuração é dada a opção ao utilizador de mudar as suas credenciais de acesso ao sistema, sendo as mesmas classes responsáveis por tal à excepção do módulo Entidade, onde é a classe Buiding que guarda a informação na base de dados. De seguida, no segundo passo da configuração a classe DivisionsConfigI requer ao utilizador a inserção dos dados relativos às divisões da habitação, assim como os respectivos perfis. Ao inserir as divisões o sistema vai criando-as, assim como quando o utilizador escolhe os perfis guarda-os nas respectivas divisões (na classe DivisionsCtrl). A classe Division trata então de guardar os dados das divisões na base de dados, enquanto que a classe Profile guarda os dados dos respectivos perfis. O utilizador tem ainda a opção de criar um perfil a seu gosto ou de apagar perfis. O próximo passo é a configuração da comunicação com o hardware através do OPC, fornecida pela classe OPCConfigI. Aqui, numa primeira instância

o utilizador pede para serem listados os servidores OPC. Listados os servidores, o utilizador escolhe o OPC Server desejado e liga-se a este, ficando assim disponível a lista de items OPC (ou seja, os sensores), permitindo ao utilizador associar cada sensor a cada divisão previamente criada. Todo este processamento é efectuado pela classe `OPCConfigCtrl`. O último passo é a configuração da ligação à base de dados, sendo que é dada a opção ao utilizador de configurar automática ou manualmente esta configuração através da classe `DatabaseConfigI`. Independentemente do modo de configuração escolhida pelo utilizador, o respectivo processamento é efectuado pela classe `DatabaseConfigCtrl`.

Finda toda a configuração, a aplicação fica a obter continuamente (os sinais são enviados pela rede sensorial em intervalos de tempo que serão explicados na secção 4.6) os valores provenientes do *hardware*, concretamente os valores sensoriais e os valores do contador inteligente, através do OPC. Este *pooling* é executado pela classe `OPCBackground`, sendo que sempre que seja recebido um valor sensorial proveniente da rede de *hardware* a classe `Sensor` guarda-o na base de dados, assim como sempre que seja obtido um valor do contador este é registado através da classe `powerMeter`.

De notar que todo este processo de configuração é sequencial, sendo que cada passo não pode ser executado sem que o passo anterior tenha sido concluído.

Passa-se agora para o diagrama de sequência do caso de uso Consultar Valores OPC, representado na Figura 4.2. O utilizador "pede" para consultar os valores do OPC *Client* em tempo real à classe responsável pela interface, `ShowValuesI`, que por sua vez envia o pedido para a classe de controlo `ShowValuesCtrl`. No entanto, visto que os valores são mostrados em tempo real, esta classe de controlo tem que recorrer a outra classe de controlo onde é executado o processo de aquisição de dados em tempo real, a classe `OPCBackground`. Assim que esta tem um resultado envia-o de volta à classe `ShowValuesCtrl`, que por sua vez o reenvia para a classe `ShowValuesI` de modo a o mostrar (o resultado, ou seja, os valores sensoriais) ao utilizador. De notar que nesta funcionalidade não existe qualquer interacção com as classes da camada Entidade, pois toda a operação é feita com valores em tempo real que são mostrados à medida que são recebidos pela aplicação e descartados à chegada de novos valores, não havendo qualquer envolvimento com a base de dados do sistema.

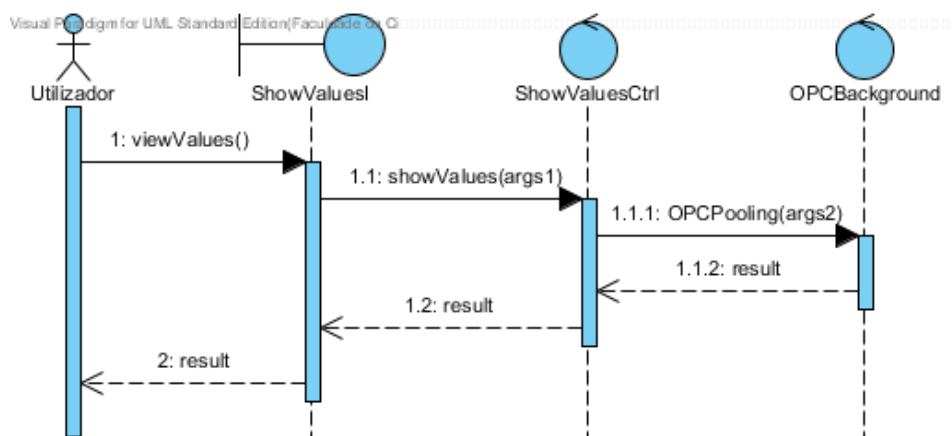


Figura 4.2: Diagrama de sequência do caso de uso Consultar Valores OPC

Por fim analisa-se o diagrama de sequência do caso de uso Consultar Valores DB, onde é possível navegar pelos valores registados na base de dados, representado na Figura 4.3. Ao abrir este menu, a classe de controlo `DatabaseViewerCtrl` recorre à classe de Entidade `Sensor` para ler os valores existentes na base de dados, enviando o resultado para a classe de Interface `DatabaseViewerI` de modo a

que os resultados sejam disponibilizados graficamente ao utilizador.

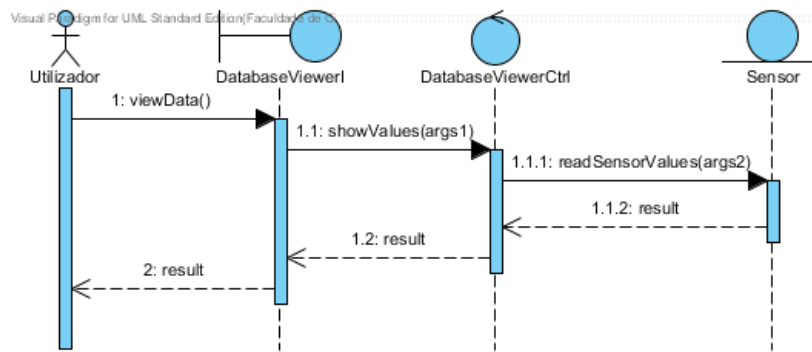


Figura 4.3: Diagrama de sequência do caso de uso Consultar Valores DB

4.3.2 Interface

Analisa-se agora os diagramas de sequência da interface desenvolvida, de modo a dar uma visão dinâmica das suas funcionalidades.

Começa-se então pelos casos de uso do actor Visitante. O respectivo diagrama de sequência encontra-se na Figura 4.4 e, como é possível verificar, quando o actor Visitante tem uma primeira interação com o *Website*, este tem que fazer o *login* para ter acesso todo o seu conteúdo.

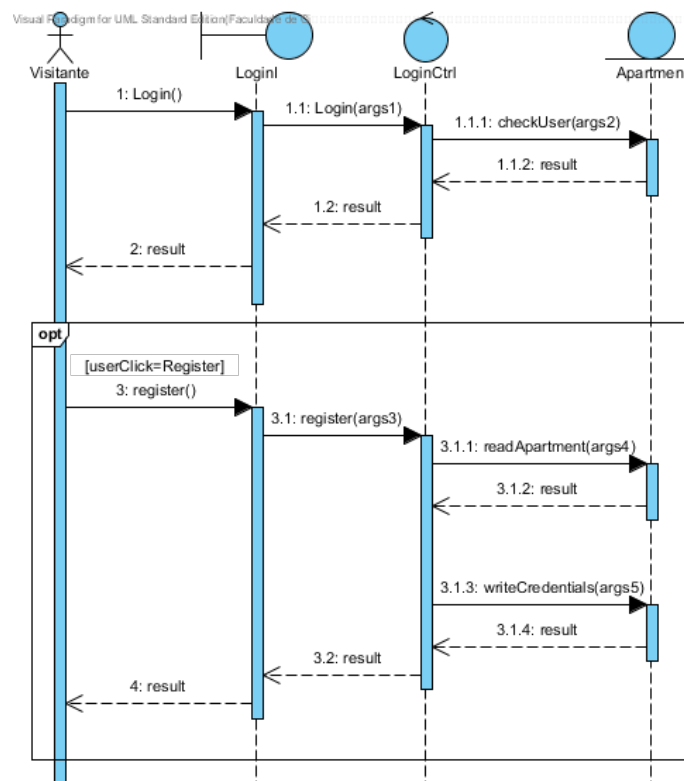


Figura 4.4: Diagrama de sequência para os casos de uso do actor Visitante

Para tal, após inserir os seus dados na interface cedida pela classe *LoginI*, a classe de controlo *LoginCtrl* processa os mesmos dados, fazendo uma consulta à base de dados através da classe *Apartment* para verificar se os dados inseridos coincidem com os dados registados na base de dados. Após

este processo o resultado é então retornado ao Visitante permitindo assim o acesso aos seus dados. No caso de uma primeira visita ao *Website* pelo Visitante, é provável que este ainda não esteja registado no *Website* do sistema, facultando-lhe a opção de se registar. Ao inserir os seus dados de registo na interface também cedida pela classe *LoginI*, os seus dados (nomeadamente o número de apartamento) vão ser comparados com a base de dados do sistema, para ver se a habitação do requerente faz realmente parte do sistema. Ao verificar tal veracidade através dos dados lidos pela classe *Apartment*, a classe de controlo *LoginCtrl* envia assim o pedido de registo das credenciais do Visitante na base de dados do sistema à classe *Apartment*, retornando assim o resultado ao Visitante através da classe *LoginI*.

Abordam-se agora os diagramas dos casos de uso do actor Utilizador. De maneira a que este texto não se torne desnecessariamente redundante e algo extenso, abordar-se-á apenas dois dos nove diagramas de sequência existentes, começando pelo caso de uso Consultar Aconselhamentos, representado na Figura 4.5.

A interface desta página com o utilizador está a cargo da classe *AdvicesI*, onde ao ser carregada a classe *AdvicesCtrl* acede ao aconselhamento do dia actual através da classe *Ranking*, enviando assim o resultado de volta à classe de interface *AdvicesI* para mostrar ao utilizador. Por outro lado, se o utilizador optar pelo aconselhamento semanal, através da classe *AdvicesI* escolhe a semana desejada sendo que a classe *AdvicesCtrl* gere o aconselhamento dedicado através da análise dos vários comportamentos ao longo dessa semana que são disponibilizados pela classe de Entidade *Ranking*, enviando de volta para a classe *AdvicesI* o resultado para que esta o liste na interface gráfica para o utilizador consultar essa informação.

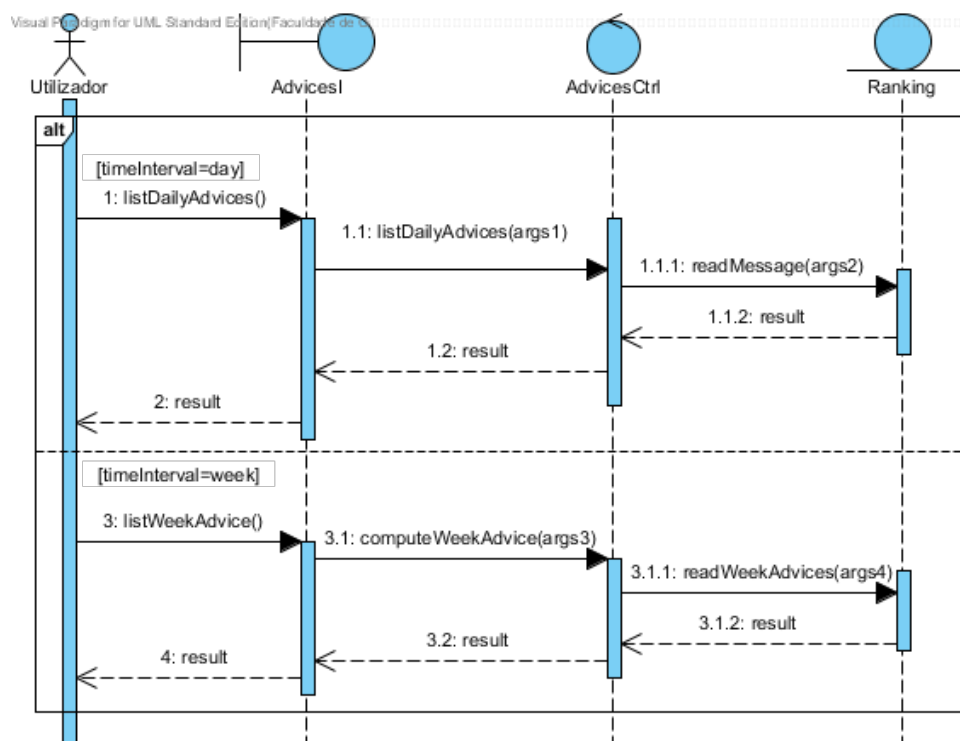


Figura 4.5: Diagrama de sequência para a funcionalidade Consultar Aconselhamentos

Descreve-se por fim o diagrama de sequência do caso de uso Consultar Poupanças, sendo este o mais complexo do website. Devido às suas dimensões, a representação gráfica deste diagrama

encontra-se no Apêndice B. A página começa por apresentar os gráficos que traçam as várias curvas disponíveis ao utilizador, começando por desenhar o histórico do consumo total da habitação em causa, recorrendo aos dados existentes na base de dados através da classe de Entidade `powerMeter`. De seguida é traçado o histórico da poupança já obtida até à data com a instalação deste sistema. Para tal, a classe `SavingsCtrl` processa todo o cálculo associado recorrendo a vários dados registados na base de dados do sistema, nomeadamente a taxa actual à qual o utilizador paga a electricidade, o consumo médio diário da sua habitação bem como o consumo real de cada dia pretendido. A obtenção destes dados é feita pelas classes `Apartment` e `powerMeter`, ambas pertencentes ao módulo Entidade. Findo o processamento de todos estes cálculos e dados associados, é então traçado o referido gráfico. Por fim é mostrado o diagrama de carga horário da habitação. Este diagrama é traçado com base na média dos valores de cada hora do dia seleccionado, sendo assim perto de ser um diagrama em tempo real. O utilizador tem ainda a opção de actualizar o preço actual da electricidade, sendo que para tal basta inserir o valor na caixa de texto providenciada pela classe `SavingsI`, ficando assim a actualização entregue à classe `SavingsCtrl`, com o auxílio da classe `Apartment` que actualiza o valor na base de dados.

De notar que todo o processamento desta funcionalidade é feito na classe `SavingsCtrl`, sendo que a respectiva interface é efectuada pela classe `SavingsI`.

4.4 Diagrama de Entidade Relacionamento

O Diagrama de Entidade Relacionamento (DER) permite descrever graficamente o modelo conceptual do problema em causa com um alto nível de abstracção, nomeadamente como os dados estão organizados, incluindo as relações entre as diversas entidades e a listagem dos respectivos atributos.

Passando à descrição detalhada do DER, ir-se-á analisar o propósito de cada entidade, bem como as relações entre as várias entidades coexistentes.

Recorrendo à Figura 4.6, é possível analisar o topo da cadeia estrutural de todo o sistema, começando pela entidade `Building`, onde é armazenada toda a informação referente ao edifício em causa.

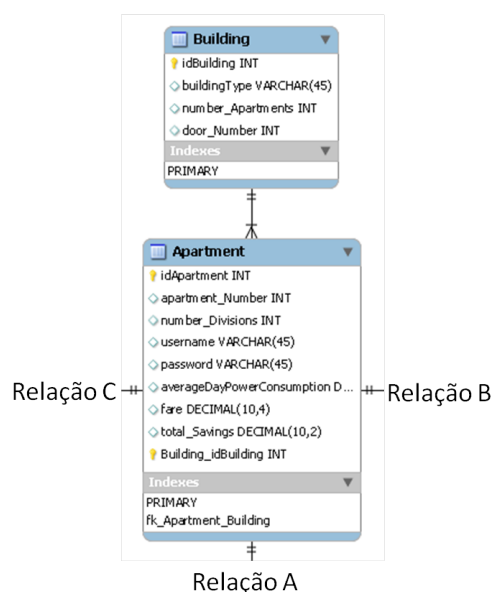


Figura 4.6: Entidades referentes ao edifício em causa e às respectivas habitações

Esta informação é a fonte principal da caracterização do sistema, indicando se a instalação é um prédio habitacional e indicando o número de apartamentos, ou se o sistema é composto por um certo número de habitações existentes num condomínio, onde o número de apartamentos alberga na realidade o número de moradias constituintes do sistema. A entidade seguinte, Apartment, caracteriza os apartamentos do sistema (para o caso de um conjunto de moradias mais uma vez o conceito de apartamento refere-se-á a cada uma das moradias existentes). Aqui é também onde fica guardada a informação relativa aos utilizadores de cada habitação, sendo que cada utilizador é representado por esta entidade.

Passando à análise da Figura 4.7, aqui encontram-se as informações referentes a cada divisão de cada habitação, bem como dos respectivos sensores de cada divisão. A entidade Division caracteriza cada divisão existente em cada habitação, sendo que a entidade Sensor caracteriza cada sensor existente em cada divisão das habitações.

É aqui que vão ser constantemente guardados os valores ambientais captados pelos respectivos sensores (os dados sensoriais são enviados em intervalos de tempo que serão explicados na secção 4.6).

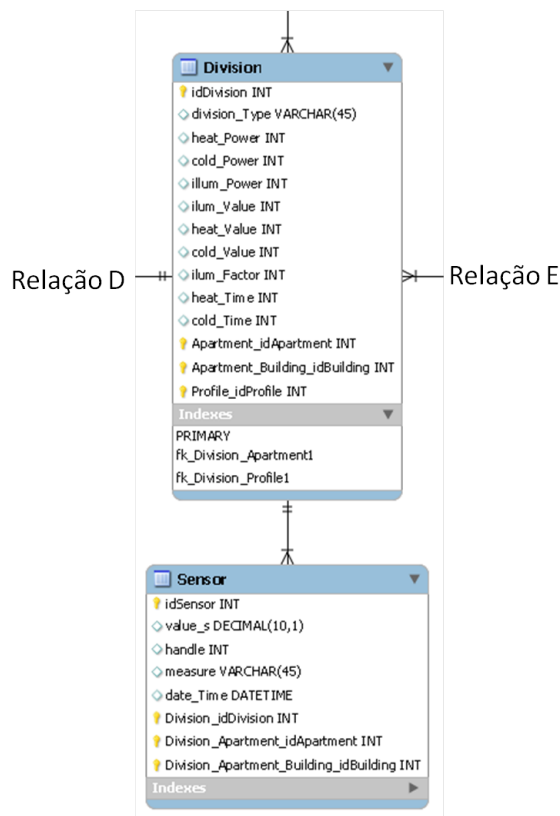


Figura 4.7: Entidades referentes às divisões e respectivos sensores

Com o conjunto destas quatro entidades está definida a topologia do sistema, sendo aqui construída a já mencionada topologia estrutural de dados presente na Figura 4.1. Estes dados são preenchidos aquando da configuração inicial do sistema, que será discutida na próxima secção (4.5).

Procede-se à análise da parte que alberga toda a informação referente ao sistema de pontuação das habitações, bem como a informação comportamental dos utilizadores (Figura 4.8). Na entidade Ranking é guardada a informação da pontuação energética de cada habitação, daí a relação com a entidade

Apartment, sendo que na entidade Behaviour é guardada a informação relativa aos comportamentos energéticos inferidos aos utilizadores, bem como os respectivos aconselhamentos. Esta entidade está relacionada com a entidade Division, pois os comportamentos energéticos são inferidos a nível de cada divisão da habitação (onde existe cada rede sensorial). Na entidade Types descrevem-se os tipos e subtipos de comportamentos e pontuações existentes, ou seja, se são referentes à temperatura, iluminação, etc. Estas três entidades são mantidas pelo módulo de Análise Comportamental e Aconselhamento Dedicado, descrito brevemente na secção 3.4, pois como já foi mencionado, não faz parte da presente dissertação.

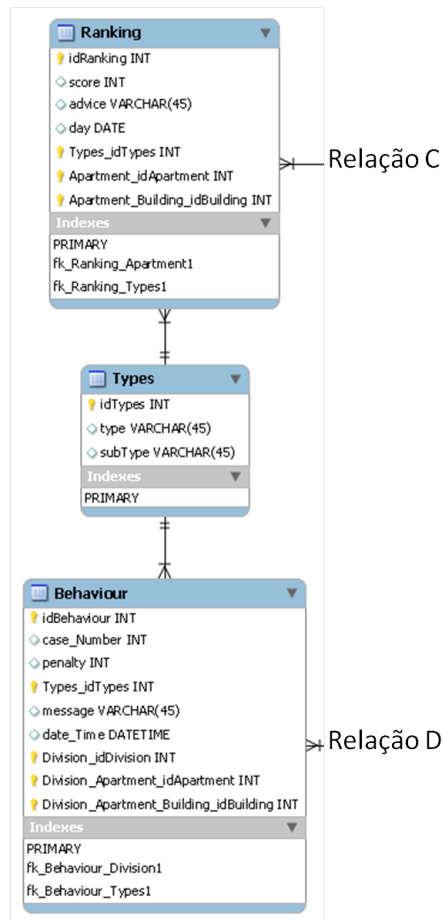


Figura 4.8: Entidades que caracterizam os aspectos comportamentais dos utilizadores

Na Figura 4.9 encontra-se a entidade powerMeter, onde é guardada toda a informação relativa às medições energéticas, ou seja, onde são guardados os valores do consumo eléctrico, tanto acumulado como instantâneo, assim como outros dados eléctricos da habitação, como a corrente, tensão, frequência, etc. Daí também existir a relação com a entidade Apartment, pois existe um contador inteligente por habitação.

Tanto esta entidade powerMeter como a entidade Sensor são mantidas pelo módulo OPC Client, onde os valores são guardados sempre que estes sofram de uma actualização.

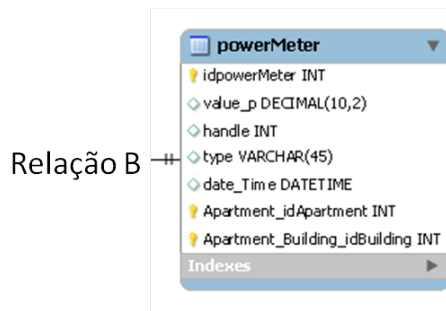


Figura 4.9: Entidade que guarda as medições energéticas

Por fim, a entidade Profile ilustrada na Figura 4.10 caracteriza cada perfil energético (em termos de valores de iluminação, temperatura e humidade) que é associado a cada divisão da habitação em causa, sendo este definido também na configuração do sistema.

O DER pode ser consultado na íntegra no Apêndice C.

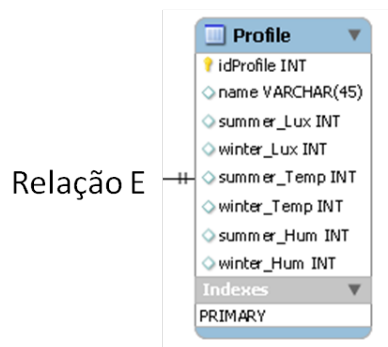


Figura 4.10: Entidade que caracteriza o perfil energético inerente a cada divisão da habitação

4.5 Desenvolvimento

4.5.1 Configuração do sistema

Esta aplicação começa com uma inicialização do sistema que está dividida em quatro passos. O primeiro passo é a configuração das características do sistema, indicando o tipo de edifício onde o sistema está instalado (prédio ou condomínio) e o número de apartamentos/vivendas constituintes. É ainda possível a alteração das credenciais de acesso à aplicação (utilizador e *password*) de modo a que esta não esteja acessível a pessoas com intenções menos boas (Figura 4.11).

O segundo passo é a continuação da configuração das características, desta vez das divisões existentes nas habitações. Escolhe-se o tipo de divisão (Quarto, Sala, Cozinha) e o respectivo perfil energético, e repete-se esta escolha tantas vezes quantas divisões existentes (Figura 4.12a). O perfil energético é onde vão ser indicados os valores de referência de temperatura, iluminação e humidade de modo a que aquando da avaliação comportamental do utilizador os seus valores de conforto sejam levados em consideração. De notar que cada divisão da habitação tem um perfil energético associado.

Existem três perfis por defeito, cada perfil com valores distintos para a época de Inverno e de Verão, que podem ser consultados e apagados na segunda janela (Figura 4.12b). Existe ainda uma

terceira janela onde é possível a criação de perfis personalizados para que o sistema seja flexível e se adeque a todo o tipo de utilizadores (Figura 4.12c).

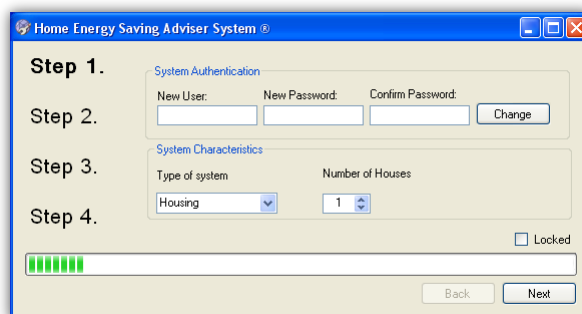
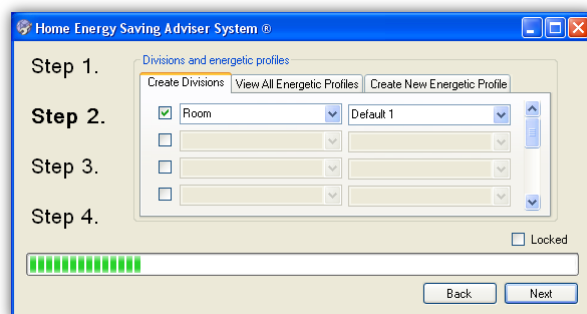


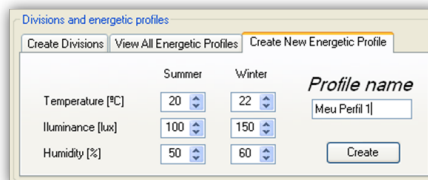
Figura 4.11: Primeiro passo da inicialização do sistema



(a) Configuração das divisões e associação dos perfis energéticos



(b) Consulta de perfis existentes



(c) Criação de perfis personalizados

Figura 4.12: Segundo passo da inicialização do sistema

O terceiro passo desta inicialização é a configuração do OPC. A primeira acção do módulo OPC *Client* implementado é a listagem dos servidores OPC existentes na rede (Figura 4.13).

Criada a ligação com o servidor pretendido (neste caso o TAC OPC Server), toda a rede aparece agora estruturada no painel "1" da Figura 4.14 (de notar que a estrutura segue a topologia referida na Figura 4.1). Seleccionado o módulo LonWorks no painel "1" (que neste caso é o STC65-FTT presente na divisão "Room 1" da habitação "Apartamento 1"), é criado um grupo lógico com todos os items (variáveis) desse grupo (módulo LonWorks) sendo de seguida listados no painel "2". No painel "3" é então possível consultar os detalhes e propriedades de cada item seleccionado em "2" (neste caso a variável de temperatura SNVT do sensor SR04rH) incluindo o seu valor, e para o associar ao respectivo sensor na respectiva divisão escolhe-se o respectivo item da lista que se encontra no painel "4", painel este que contém todos os sensores existentes em todas as divisões de todos os apartamentos constituintes do sistema. Esta lista tem o formato "Apartamento , Divisão , Sensor", facilitando assim

a correspondência entre as variáveis da rede LonWorks com os respectivos sensores existentes. Para cada sensor é criado um *handle* (código de identificação) individual que está directamente relacionado com a divisão e apartamento no qual se insere para que mais tarde, aquando do processamento dos valores sensoriais, seja possível a distinção de cada sensor entre todos os sensores existentes em todas as divisões de todos os apartamentos.

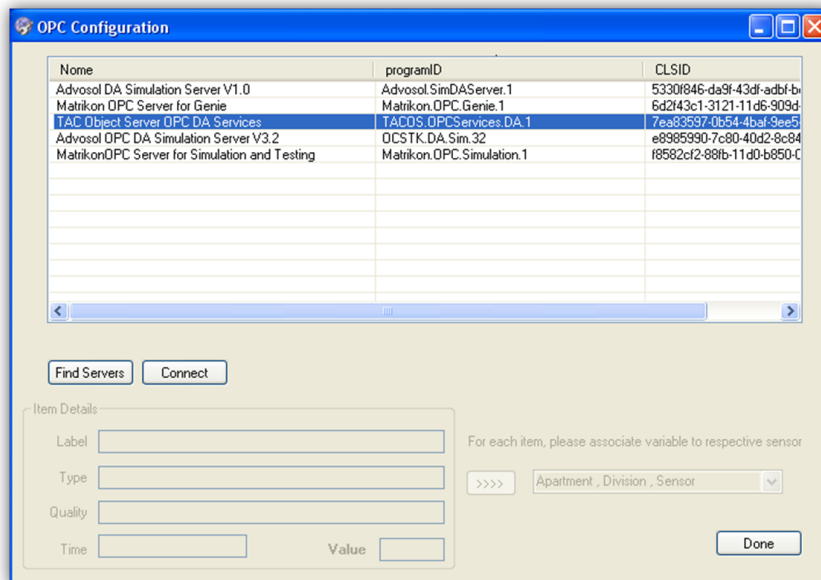


Figura 4.13: Lista de servidores OPC disponíveis

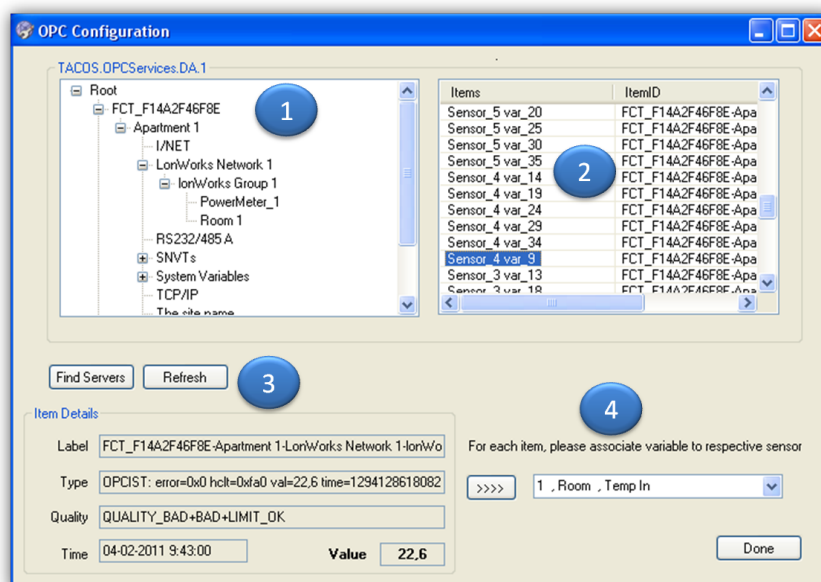


Figura 4.14: Interpretação das variáveis sensoriais provenientes do OPC Server

Findo o processo anterior, a estrutura resultante é guardada em memória e mais uma vez tem a topologia apresentada na Figura 4.1.

Após todo este processo de configuração OPC descrito, é então apresentada uma listagem de todas as divisões com os respectivos sensores associados para que o utilizador possa consultar essa

informação de modo mais resumido e organizado (Figura 4.15).

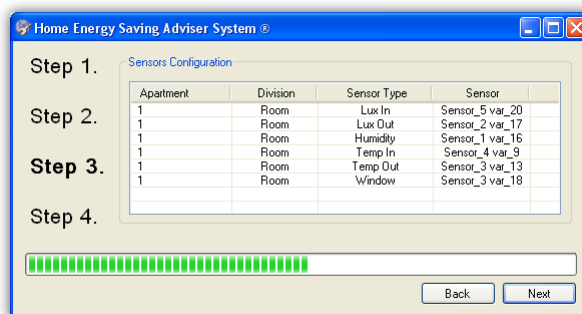
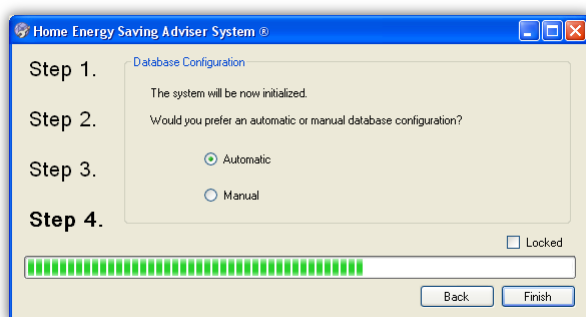
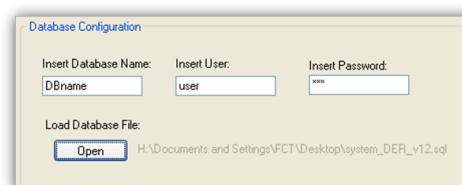


Figura 4.15: Listagem dos sensores associados às respectivas divisões

Por fim, o último passo dá a liberdade ao utilizador de escolher se deseja concluir a inicialização com uma configuração automática da ligação à base de dados ou se quer fazer esta configuração manualmente, no caso de ser um utilizador mais avançado (Figura 4.16a). Neste ultimo caso, é então pedido ao utilizador as propriedades da ligação à base de dados (nome, utilizador e *password*) a ser utilizada pelo sistema, bem como o ficheiro que contém o modelo a ser usado (Figura 4.16b). Este será um ficheiro *Sql Script*¹ criado antecipadamente (pelo fabricante ou fornecedor do sistema, na eventualidade de ser um produto comercializado, neste caso pelo autor do trabalho) que contém toda a estrutura da base de dados que é preenchida aquando da finalização deste processo de inicialização. No presente sistema este ficheiro foi criado com a ajuda do software MySQL Workbench que permite criar um Diagrama Entidade Relacionamento e posteriormente exportá-lo como um *SQL Script*. Ao ser concluída a inicialização do sistema, o ficheiro *Sql Script* é carregado pela aplicação e a base de dados é criada e preenchida com os valores definidos neste processo de inicialização.



(a) Escolha do modo de configuração da Base de Dados



(b) Configuração manual da Base de Dados

Figura 4.16: Quarto e último passo da inicialização do sistema

De notar que a qualquer altura do processo de inicialização o utilizador pode voltar atrás e alterar as suas escolhas. Para isso basta regressar premindo o botão "Back" e desseleccionar onde se lê "Locked" e efectuar as alterações pretendidas. Esta selecção serve para distinguir quais os menus que deverão ser actualizados pela aplicação quando o utilizador regressa atrás na configuração, onde só são actualizados os passos que estão desseleccionados.

¹Um ficheiro *Sql Script* é um ficheiro que contém um conjunto de código SQL que ao ser corrido executa todo o código de uma só vez.

4.5.2 Processamento da Informação Sensorial

Finda toda a inicialização da aplicação descrita anteriormente esta fica a trabalhar continuamente em *background*, sendo que ao ser minimizada a janela desaparece e fica "escondida" na barra de tarefas do Windows, junto ao relógio, sendo apenas visível o seu *icon*. Para voltar a maximizar a janela basta clicar duas vezes no *icon*.

A janela principal tem o aspecto apresentado na Figura 4.17 onde existem três principais botões: o botão "DB Viewer", o botão "Show Values" e o botão central "Config". O quarto botão "Power/Time" não será discutido em detalhe pois pertence ao módulo de Análise Comportamental e Aconselhamento Dedicado, descrito resumidamente no capítulo 3.

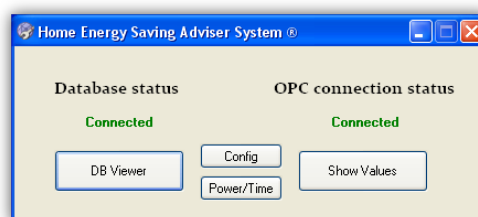


Figura 4.17: Janela principal da aplicação desenvolvida

No "DB Viewer" é possível visualizar todos os valores sensoriais guardados na base de dados bem como algumas das suas propriedades, assim como o tipo de sensor que é, a data em que foi feito o registo na base de dados e o *handle* do sensor (Figura 4.18). A visualização destas tabelas da base de dados está organizada segundo a topologia já referida que é usada ao longo da implementação (Figura 4.1). No exemplo da Figura 4.18 são visíveis os valores do sensor de iluminação interior do quarto do apartamento 1, edifício 0 guardados na base de dados ao longo do tempo.

handle	value_s	measure	Time
0	363.0	Lux In	04-02-2011 10:26
0	429.0	Lux In	04-02-2011 10:27
0	399.0	Lux In	04-02-2011 10:27
0	373.0	Lux In	04-02-2011 10:27
0	439.0	Lux In	04-02-2011 10:27
0	313.0	Lux In	04-02-2011 10:27
0	433.0	Lux In	04-02-2011 10:27
0	455.0	Lux In	04-02-2011 10:28
0	351.0	Lux In	04-02-2011 10:28
0	323.0	Lux In	04-02-2011 10:28

Figura 4.18: Janela que mostra os valores guardados na Base de Dados

Ao premir o botão "Show Values" o utilizador é confrontado com a janela da Figura 4.19 onde é possível visualizar em tempo real os valores ambientais e as suas variações, provenientes dos sensores espalhados pelas divisões de todas as habitações. O utilizador pode navegar entre os apartamentos e respectivas divisões existentes, permitindo assim a visualização de todos os sensores.

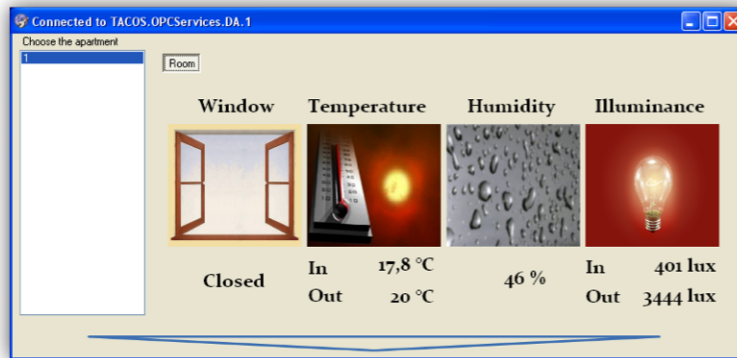


Figura 4.19: Janela que mostra os valores sensoriais do OPC Client em tempo real

4.5.3 Interface

Os menus e submenus da página *web* desenvolvida para fazer de interface com o utilizador estão organizados segundo o diagrama da Figura 4.20. A partir do momento em que o utilizador faz o Login pode aceder a qualquer uma das páginas existentes a partir de qualquer outra página onde esteja a navegar, pois o menu de navegação entre páginas é bastante simples e directo e está sempre presente em todas as sub-páginas de modo a que seja possível ao utilizador navegar rapidamente entre todas as sub-páginas do Website.

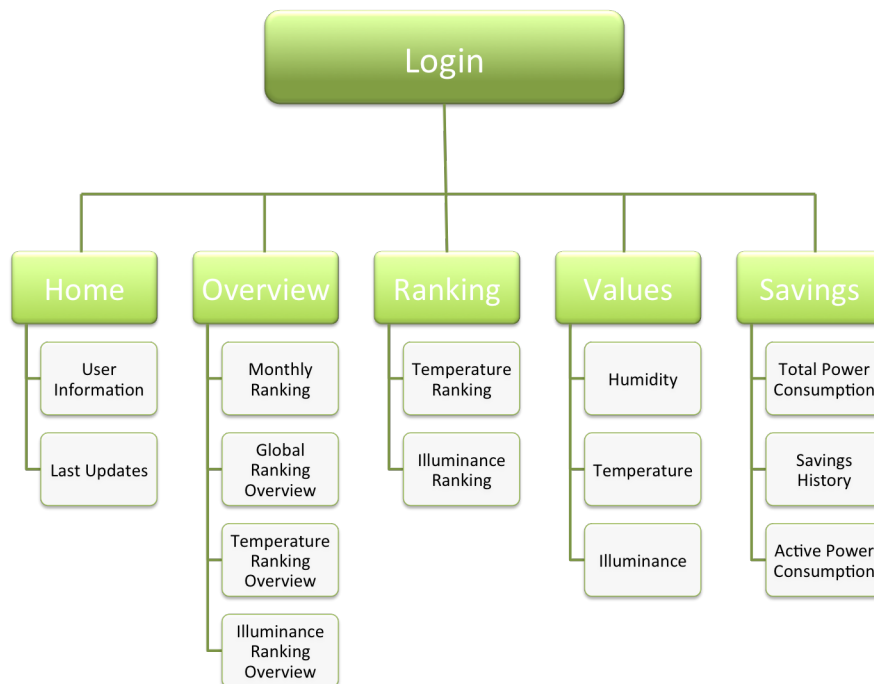


Figura 4.20: Diagrama de menus e funcionalidades da página Web

No primeiro acesso ao *Website* o utilizador necessita de se registar, inserindo os seu dados (nome de utilizador, *password*, email) bem como a informação da sua habitação (neste caso o número do

apartamento) de modo a que o presente utilizador possa ser associado ao seu apartamento através das suas credenciais. Deste modo, com os dados inseridos pelo utilizador a página carrega toda a sua informação registada na base de dados através da aplicação computacional.

Findo o registo do utilizador, sempre que este desejar aceder ao *Website* terá que fazer o *login* com as suas credenciais de registo.

Quando o utilizador acede à página *Web*, após fazer o *log in* é redireccionado para a sua "Home Page" onde pode consultar um breve resumo da sua informação relativamente ao sistema de pontuação quer da iluminação, da temperatura ou da sua pontuação global (Figura 4.21). Existe também uma tabela com as últimas entradas na base de dados relativamente ao comportamento energético do utilizador, onde este pode consultar a data da mensagem de aviso, o local onde se deu esse comportamento, a própria mensagem de aviso e a eficiência energética a ela associada.

Home Energy Saving Adviser System

1

[Home](#)
[Overview](#)
[Ranking](#)
[Advices](#)
[Values](#)
[Savings](#)
[Help](#)

You are logged in as **Sérgio**

Welcome Sérgio

User information:

Your apartment number is 1.
 Your current Illuminance Ranking is: B.
 Your current Temperature Ranking is: B-.
 Your current Global Ranking is B-.

Last Updates

Date / Hour	Local	Message	Action Efficiency
24-01-2011 10:15:21	Room	Luzes ligadas desnecessariamente	E
24-01-2011 10:16:02	Living Room	Luzes ligadas desnecessariamente	B-
26-01-2011 14:25:02	Room	Janela aberta indevidamente	A
26-01-2011 10:19:02	Living Room	Janela aberta indevidamente	G
28-01-2011 12:10:42	Room	Aquecedor ligado incorrectamente	A+

2

[About](#)
[Administration Page](#)
[Change Password](#)
[Logout](#)

Figura 4.21: Home Page do Website

O menu identificado na Figura 4.21 como "1" é o menu principal onde o utilizador pode navegar entre as várias páginas do *Website*, conforme o diagrama de navegação da Figura 4.20. Cada uma destas páginas irá ser explicada detalhadamente de seguida (à excepção da página "Help" que contém apenas um resumido texto de auxílio ao utilizador que explica o conteúdo de cada uma das outras páginas). O segundo menu "2" é onde o utilizador pode consultar a informação dos autores do *Website*, mudar a sua *password* de acesso ou fazer o *log out*. É também neste menu que o administrador do sistema pode alterar as propriedades da ligação à base de dados do sistema, na "Administration Page". Estes dois menus estão presentes em todas as páginas constituintes do *Website*, variando apenas o conteúdo principal entre os menus.

Na Figura 4.22 encontra-se a página "Overview", onde é possível ter uma visão geral sobre as pontuações energéticas. O utilizador pode consultar a sua pontuação mensal, bem como comparar as suas pontuações com as habitações vizinhas (em termos de iluminação, temperatura e a pontuação global). Todas as habitações presentes no sistema são listadas, e o utilizador tem a liberdade de escolher entre quais quer fazer a comparação, podendo escolher comprar todas as habitações. A

comparação é feita através de três gráficos de barras, onde cada barra representa uma habitação diferente, sendo que a habitação do utilizador em questão é representada por uma cor diferente (Azul). Visto que a biblioteca que traça os gráficos (Open Flash Chart 2) recorre à ferramenta Flash, todos estes gráficos têm a propriedade *tooltip*, ou seja, sempre que se coloca o ponteiro do rato em cima de uma barra aparece um balão a indicar qual a habitação referente à barra. No exemplo da Figura 4.22 o ponteiro do rato encontra-se em cima da barra azul do gráfico das pontuações globais, pelo que se pode visualizar a *tooltip* a indicar que a respectiva barra refere-se à habitação do utilizador. Os três gráficos de barras presentes nesta página são referentes às pontuações da iluminação, da temperatura e também à pontuação global.

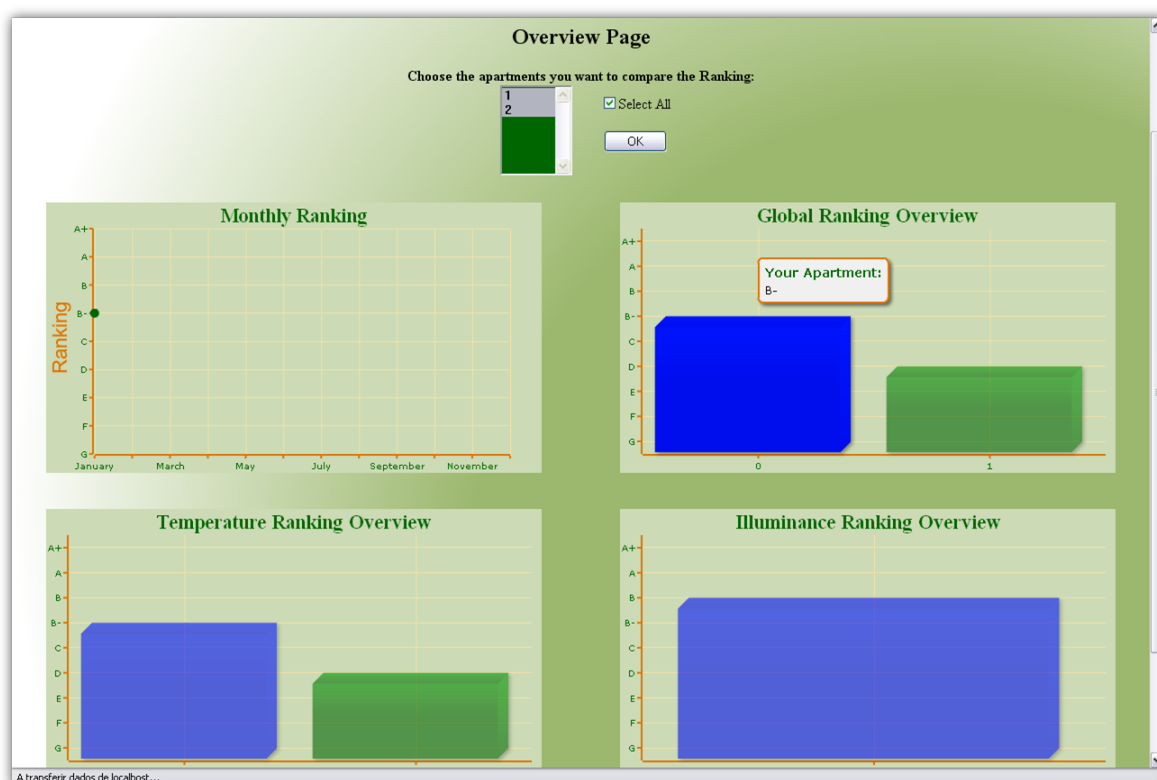


Figura 4.22: Página "Overview" do Website

A página "Ranking Page" (Figura 4.23) é onde o utilizador pode consultar o histórico da sua pontuação. No início da página encontra-se um calendário onde é possível escolher o intervalo de tempo para qual o utilizador deseja consultar o histórico. A consulta pode ser feita ao dia, a uma semana ou mesmo ao mês inteiro. Escolhido o intervalo de tempo a página é actualizada automaticamente e os respectivos gráficos são traçados, ilustrando a evolução da pontuação do utilizador. Deste modo é possível que o utilizador esteja sempre informado acerca dos seus comportamentos energéticos e da sua evolução, servindo assim de motivação extra para que exista uma maior consciencialização energética por parte dos habitantes. Por fim, existe um pequeno texto a explicar os níveis de pontuações que o utilizador pode ter, baseados na Etiquetagem Energética, como foi explicado no capítulo 3.

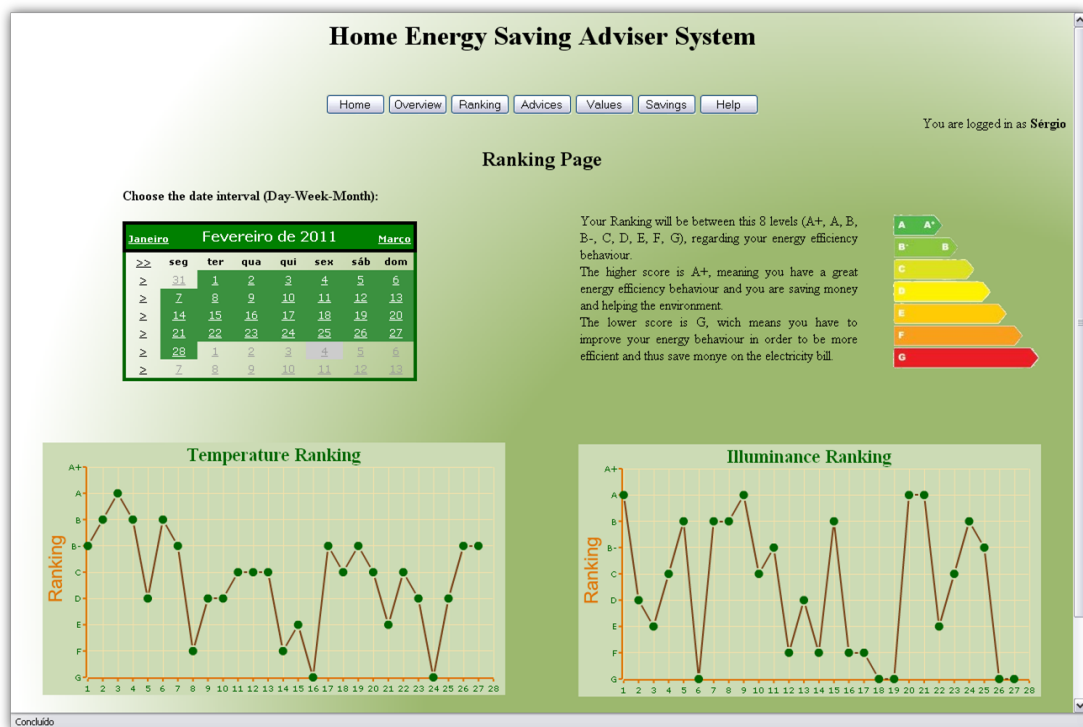


Figura 4.23: Página "Ranking Page" dedicada às pontuações do utilizador

Ao clicar no botão "Advices" do menu principal o utilizador é levado para a página da Figura 4.24, onde pode consultar os aconselhamentos gerados numa base diária ou semanal.

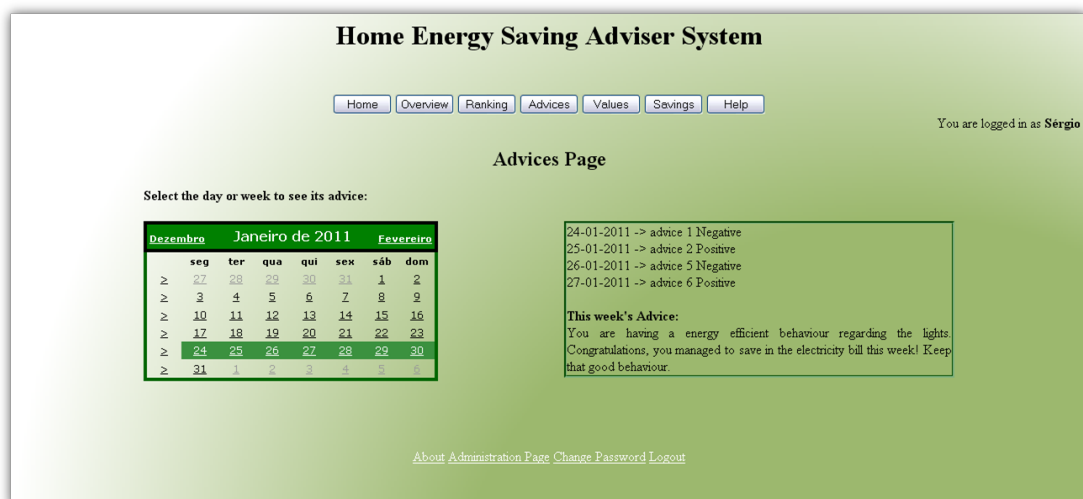


Figura 4.24: Página dos aconselhamentos dedicados "Advices Page"

Todos os dias é gerado um aconselhamento ao utilizador, directamente ligado ao seu comportamento energético desse dia. Se os habitantes têm um ou mais comportamentos negativos durante o dia, ao fim desse dia será gerado um aconselhamento dedicado sobre esses comportamentos. De frisar que se os habitantes tiveram um comportamento ineficiente tanto em relação à iluminação como à temperatura, é lançado um aconselhamento sobre o comportamento que originou uma maior penalidade, tendo em conta também a gravidade dessa penalidade.

No caso do utilizador querer consultar os aconselhamentos semanais, é aplicado um algoritmo que percorre todas as pontuações e penalidades da semana escolhida e tendo em conta os respectivos pesos e as suas origens (iluminação ou temperatura) é gerado um aconselhamento personalizado sobre a semana seleccionada, bem como a listagem dos aconselhamentos diários dessa semana. No exemplo da Figura 4.24 tem-se que nessa semana o utilizador teve um comportamento energético bastante positivo em relação à iluminação, tendo sido assim gerada uma mensagem de felicitação ao utilizador, motivando este ainda mais a continuar com o comportamento eficiente.

A página "Values" é onde se podem consultar os valores sensoriais da habitação e os respectivos históricos (Figura 4.25). O utilizador escolhe a divisão da sua habitação para a qual deseja consultar os valores sensoriais e, da mesma maneira que as páginas anteriores, escolhe o intervalo de tempo para o qual os valores deverão ser traçados no gráfico (dia, semana ou mês). Os gráficos da Temperatura, Humidade e Iluminação interiores são então traçados de acordo com a selecção do utilizador.

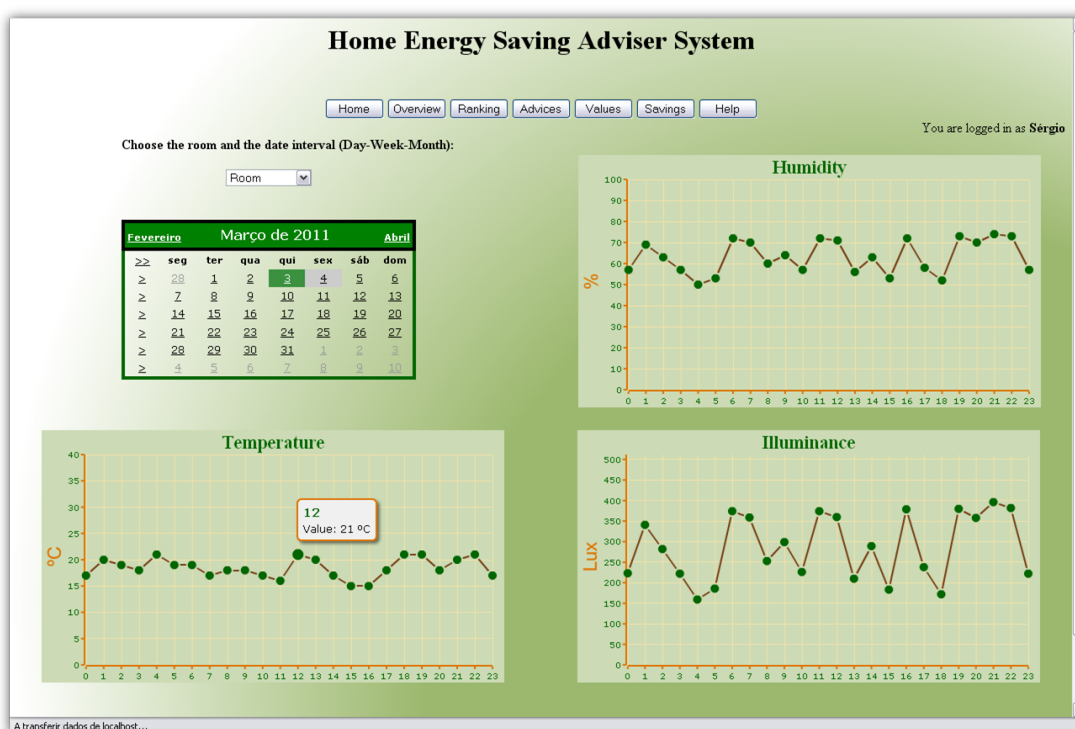


Figura 4.25: Página de consulta dos valores sensoriais

Na Figura 4.25 pode-se visualizar os valores sensoriais do dia 03 de Março de 2011. É importante referir que para cada hora do dia é efectuada uma média dos valores de cada sensor, de modo a que o gráfico não se torne demasiado cheio e confuso para o utilizador, assim como para a selecção semanal o valor de cada dia é a média de todos os valores desse dia, bem como na selecção mensal. De notar que à semelhança dos gráficos de barras da página "Overview", também os gráficos de linhas têm a propriedade *tooltip*. Ao se deslocar o ponteiro do rato sobre um ponto do gráfico, a *tooltip* exhibe os valores correspondentes à ordenada e à abcissa, de modo a que seja possível visualizar os valores precisos de todos os pontos dos gráficos, como se pode observar na Figura 4.25.

Por fim, na página "Savings" é possível consultar o histórico do diagrama de carga da habitação em causa numa base diária, semanal ou mensal, bem como um histórico mensal ou anual da poupança conseguida através da instalação do sistema HESAS de acordo com o tarifário da energia eléctrica

da habitação. É também possível visualizar o diagrama de carga horário do dia seleccionado no calendário, sendo que cada hora traçada no gráfico é uma média de todo o consumo real dessa hora (mais uma vez por questões de legibilidade do gráfico) (Figura 4.26).



Figura 4.26: Página do consumo energético e poupanças

Num primeiro acesso à página o utilizador deve inserir o tarifário de electricidade em uso, ou seja, quanto está a pagar por kWh, para que possa ser contabilizada a poupança do sistema. De seguida, se o utilizador desejar consultar o consumo total da sua habitação num intervalo temporal deve escolher esse intervalo no calendário e o histórico do seu consumo eléctrico é traçado no primeiro gráfico à direita da Figura 4.26. Por outro lado, se o utilizador desejar consultar o histórico mensal da sua poupança energética com o HESAS deverá então seleccionar um dia do mês desejado. Para a consulta do histórico anual o utilizador deve escolher a opção para o efeito e de seguida escolher o ano da lista que aparece ao escolher a opção anual. Por fim, no último gráfico à direita da página é possível visualizar a potência activa diária do dia seleccionado no calendário.

Junto do calendário encontram-se o consumo energético total acumulado bem como a poupança total conseguida desde a instalação do sistema na habitação em causa.

É importante referir que a contabilidade da poupança do sistema é apenas uma estimativa baseada no consumo médio da habitação em causa. O módulo de Análise Comportamental e Aconselhamento Dedicado "aprende" durante um intervalo de tempo pré-definido o consumo médio diário da habitação e sempre que é seleccionado um intervalo de tempo no calendário é aplicado um algoritmo que compara o consumo diário no intervalo de tempo seleccionado com este valor estimado, prevendo assim a diferença de consumo de cada dia. Por fim, através do valor de kWh do tarifário inserido pelo utilizador é feita uma estimativa de quanto o utilizador está a poupar diariamente. Se o intervalo de tempo escolhido for anual a poupança diária estimada de cada mês é somada e é então apresentada a poupança mensal do ano seleccionado.

De notar ainda que, como se pode verificar na Figura 4.26, existem dias do mês em que a poupança é menor que outros, resultado de um maior consumo nesses dias, quando comparado com a média diária aprendida. Tal facto leva à conclusão de que podem existir valores de poupança negativos, ou seja, dias em que houve um maior consumo do que a média diária, o que indica que o consumidor em vez de estar a poupar, está a gastar mais energia eléctrica do que devia.

4.6 Tecnologias usadas

Para o desenvolvimento da aplicação de aquisição de dados e processamento da informação sensorial recorreu-se à tecnologia .Net, linguagem C# em ambiente Microsoft Visual Studio 2008 para o desenvolvimento de código, e foi usada a biblioteca *open source* OPC Dot Net Library [29] para a implementação do cliente OPC, que visa disponibilizar as variáveis da rede LonWorks aos restantes módulos de software.

A Web foi desenvolvida com recurso à tecnologia ASP .Net também em ambiente Visual Studio 2008, e para as representações gráficas dos vários dados foi usada a biblioteca *open source* Open Flash Chart 2 [30].

Para o desenvolvimento da base de dados do sistema foi utilizado o software *open source* MySQL Server 5.1, com o auxílio da sua ferramenta gráfica MySQL Workbench 5.2.

4.6.1 Hardware considerado

O HESAS é composto por quatro blocos principais de *hardware*: a rede sensorial, que por sua vez é composta por um conjunto de cinco sensores *wireless* e pelo respectivo receptor Thermokon STC65-FTT, o contador de energia Algodue Elettronica UPT210, o módulo de expansão de I/O TAC Xenta 422A, e o controlador multi-funções TAC Xenta 731. Na Figura 4.27 encontra-se a topologia da instalação física do sistema, onde se pode visualizar as ligações entre todos os módulos de *hardware* existentes.

Começando pela rede sensorial, os sensores que a compõem enviam os respectivos valores através da tecnologia *wireless* EnOcean para o receptor STC65-FTT. Recebidos os valores, o receptor vai reencaminhá-los para o Xenta 731 através da rede LonWorks. Este poderá ser considerado como o módulo central, visto que é onde vai ser feita a ponte entre a rede LonWorks e Ethernet, ou seja, a ponte entre toda a camada física e o *software*. Também ligados ao Xenta 731 estão os módulos Xenta 422A, que é um módulo que vai servir para uma eventual expansão do sistema no caso de se querer juntar acções de controlo (aliar a Domótica a este sistema de aconselhamento), e o contador de energia UPT210 que tem a finalidade de contar a potência consumida (instantânea e acumulada) de modo a ser feito um balanço do consumo com e sem o HESAS. Assim, o utilizador pode ter uma noção de quanto está a poupar ao ter este sistema instalado na sua habitação. Todos estes módulos serão descritos de seguida.

Quanto à instalação do sistema numa habitação, a rede sensorial está presente em cada divisão para que toda a habitação seja "monitorizada" pelo HESAS, sendo que os restantes módulos são instalados num quadro eléctrico geral.

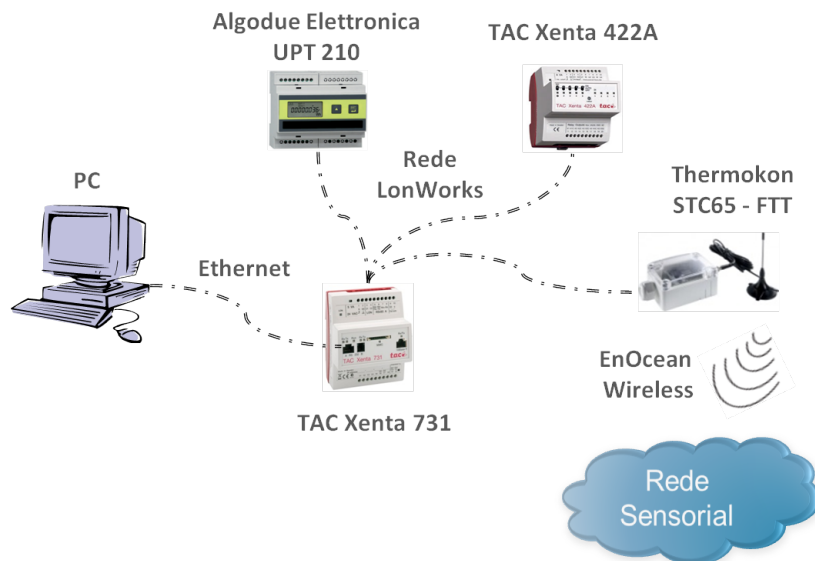


Figura 4.27: Composição do sistema físico

Na Figura 4.28 estão ilustradas as topologias que o sistema físico pode tomar. Na Figura 4.28a o sistema é instalado num edifício, onde os módulos Xenta 731 de cada habitação estão ligados a um PC servidor através de um *router* Ethernet, possivelmente localizado num sótão ou mesmo numa cave, de modo a processar os dados de todos os apartamentos. Na Figura 4.28b o sistema é instalado num condomínio ou numa área de moradias. A topologia do sistema vai ser muito semelhante à anterior, a única eventual diferença reside no facto de o *router* bem como o PC servidor estão instalados num anexo à parte, localizado junto da área residencial.

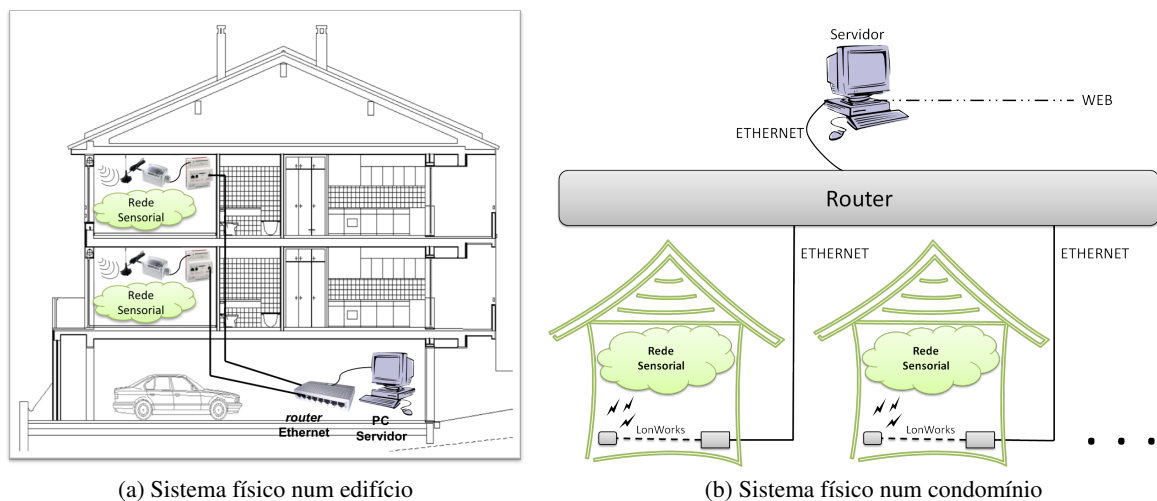


Figura 4.28: Topologias de instalação do sistema físico

4.6.1.1 EnOcean

EnOcean é uma tecnologia *wireless* que se baseia na ideia de que onde os sensores medem valores, o estado energético muda sempre. Quando um interruptor é pressionado os níveis de temperatura ou luminosidade alteram-se e todas estas alterações geram energia suficiente para transmitir sinais

wireless. O aproveitamento dessa energia é feito através de conversores electromagnéticos, térmicos, piezogeradores e células solares. Os sinais *wireless* EnOcean usam bandas de frequência de 868 MHz e 315 MHz, dependendo do dispositivo, e os dados de transmissão baseiam-se em telegramas de 14 bytes, tendo a duração de 1ms cada e com uma taxa de transmissão de 125 kbit/s. Para eliminar erros de transmissão os pacotes de dados são transmitidos em intervalos de tempo aleatórios e o mesmo pacote é enviado duas vezes num intervalo de 30 ms, para que a probabilidade de colisão seja mínima. O alcance de transmissão desta tecnologia é de 300m em espaço aberto e 30m no interior de edifícios.

Cada sensor EnOcean tem um número de identificação de 32 bit eliminando assim a possibilidade de haver sobreposição de IDs no caso de haver vários sensores a transmitir ao mesmo tempo [31].

4.6.1.2 LonWorks

O LonWorks é uma plataforma de rede P2P (*Peer-to-Peer*, ponto-a-ponto) criada especificamente para satisfazer as necessidades das aplicações de controlo. Esta plataforma é construída sobre um protocolo de comunicação criado pela empresa Echlon, ISO/IEC 14908-1, também conhecido como LonTalk, que fornece um conjunto de serviços que permite às aplicações dos dispositivos existentes numa rede LonWorks comunicarem entre si sem terem de saber a topologia da rede ou as propriedades dos outros dispositivos como o nome, endereço ou as suas funções. Este protocolo pode ser implementado sobre qualquer meio de comunicação, seja ele cabo coaxial, fibra óptica, infravermelhos, radio frequência ou mesmo linhas de transmissão de energia, e usa um padrão que permite a integração da rede LonWorks com a rede TCP/IP.

Um dos grandes objectivos do LonWorks é garantir a interoperabilidade entre vários dispositivos de diferentes fabricantes. Para tal o protocolo LonTalk utiliza o conceito de variáveis de rede e SNVTs (Standard Network Variable Types). A comunicação entre os nós (dispositivos) da rede é feita com recurso a estas variáveis, que são definidas em cada um destes nós. Existe um conjunto de variáveis SNVT de entrada e saída partilhado por todos os nós da rede, onde para cada variável de saída existe uma variável de entrada do mesmo tipo, existindo assim comunicação apenas entre as variáveis do mesmo tipo. A crescente lista de SNVTs e a interoperabilidade entre todos os dispositivos LonWorks são mantidos pela associação LonMark International. Cada um destes dispositivos vai ter uma identificação de modo a haver distinção entre todos os nós da rede, sendo que a este número de identificação única chama-se de Neuron ID.

Por fim, para que seja possível a cada dispositivo da rede processar toda esta informação é incluído um microprocessador no dispositivo, o Neuron Chip. Este microprocessador tem três CPUs: um CPU trata da comunicação na rede, o segundo CPU trata da camada média do protocolo e o terceiro é onde correm as aplicações criadas pelos fabricantes. Assim, cada dispositivo da rede faz o seu próprio processamento dispensando de uma unidade de controlo central, permitindo então a comunicação dos dispositivos entre si (rede P2P) [32].

4.6.1.3 Rede sensorial

Como referido anteriormente, a rede sensorial é composta por cinco sensores *wireless* e pelo respectivo receptor. Todos os cinco sensores que compõem a rede são da marca Thermokon, gama EasySens e usam o protocolo *wireless* EnOcean para comunicar com o receptor. Estes sensores são (Figura 4.29): dois sensores de temperatura e humidade SR04rH, um para o interior e outro para o

exterior, um sensor de iluminação exterior SR65 LI, um sensor de contacto magnético SRW01 que permite saber o estado de uma janela (aberta ou fechada) e por fim um sensor multi-funções SR-MDS BAT, que permite obter os níveis de iluminação e temperatura interior e que também detecta movimentos numa divisão.

Antes de se continuar com a descrição da rede sensorial é importante referir três notas em relação aos sensores: no presente sistema não se faz uso dos valores de temperatura do sensor SR-MDS BAT, visto existir um sensor próprio para o efeito; o sensor SR04rH é um sensor para o interior, no entanto, por falta de um sensor de temperatura para o exterior, neste trabalho este sensor é também usado para o exterior; outra nota importante referente à composição da rede sensorial é a de apenas existir um sensor que detecta o estado da janela, pois o ideal seria um destes sensores por cada janela existente.



Figura 4.29: Composição da rede sensorial

À excepção do sensor multi-funções SR-MDS BAT, todos os outros sensores são alimentados através de uma pequena célula solar de 2cm² que aproveita a luz ambiente para gerar a energia necessária ao seu funcionamento. O sensor multi-funções é alimentado por um conjunto de três pilhas, permitindo assim total mobilidade e facilidade de instalação, característica presentes em todos estes sensores.

A Figura 4.30 ilustra um exemplo da instalação da rede sensorial e de todo o sistema físico numa habitação.

A frequência com que os sensores enviam os respectivos sinais (telegramas) para o receptor baseia-se em dois modos de envio: o modo de envio controlado por eventos e o modo de envio controlado por intervalos de tempo. O modo de envio controlado por eventos consiste na aquisição da respectiva variável sensorial seguida do envio do telegrama quando o microprocessador do sensor é "acordado" por actuação do *learn button*. No modo de envio controlado por intervalos de tempo o microprocessador do sensor é "acordado" em intervalos de tempo $T_{wake\ up}$ e efectua a aquisição do respectivo sinal. Se o valor medido manteve-se inalterado desde a última medição, é apenas produzido um telegrama após expiração do intervalo de tempo fixo T_{send} (este valor é o resultado do produto de $T_{wake\ up}$ por $T_{intervall}$). Por outro lado, se o valor medido diferir do valor enviado no último telegrama, um novo telegrama é de imediato produzido e enviado para o receptor com a nova medição sensorial. Os intervalos de tempo $T_{wake\ up}$ e $T_{intervall}$ podem ser configurados através de uns pins que se encontram no interior de cada sensor.

Após o envio de um telegrama (seja ele produzido por alteração de valor ambiental ou por expiração de t_{send}), a contagem de ambos os intervalos de tempo T_{send} e T_{wakeup} é reposta a zero.

De notar que o modo de transmissão do sensor SRW01 é diferente, pois este apenas envia telegramas aquando alteração de estado ou, se não houver alterações de estado, em intervalos de tempo de aproximadamente 15 minutos.

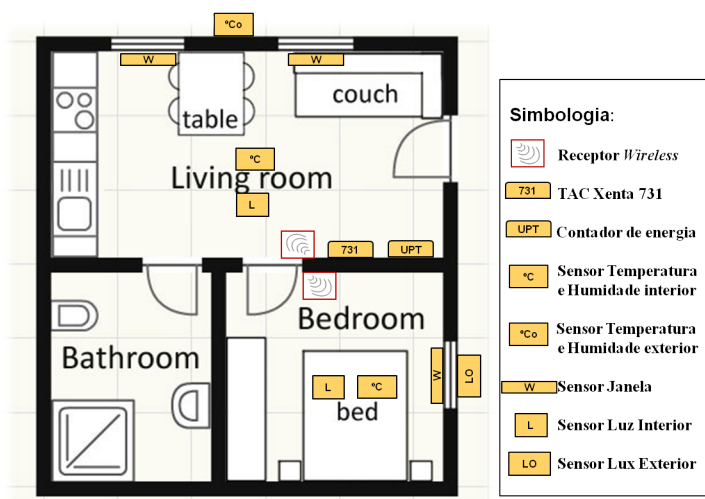


Figura 4.30: Instalação do sistema físico numa habitação

Sensor de Temperatura e Humidade SR04rH

O sensor SR04rH tem como função medir os valores de Temperatura e Humidade relativa ambientais. A temperatura é medida em $^{\circ}\text{C}$ e tem um intervalo de medição de 0 a $+40^{\circ}\text{C}$, com uma resolução de 0,15 K e uma precisão absoluta de aproximadamente $\pm 0,4$ K. A humidade relativa é medida em % e tem um intervalo de medição de 0 a 100 %, com uma resolução de 0,4 % e uma precisão absoluta de ± 3 %.

Aquando da instalação do sensor, alguns aspectos devem ser considerados:

- Deverá ser garantida uma iluminação (natural ou artificial) de 100 lux^2 no lugar de posicionamento do sensor durante pelo menos três a quatro horas diárias de modo a que este tenha energia suficiente para operar.
- A célula solar deverá ficar preferencialmente direccionada para uma janela onde não exista incidência directa da luz solar, pois esta poderá resultar em valores adulterados na medição de temperatura.
- Ao usar luz artificial com um feixe de luz direccionado, o ângulo de incidência do feixe na célula solar não deverá ser muito íngreme.
- O sensor deverá ser posicionado não muito junto de qualquer fonte de calor ou de frio artificial, de modo a não adulterar os valores ambientais reais, e preferencialmente no centro da divisão em causa.

²Lux é a unidade que representa o nível de iluminação.

Se a luz ambiente for insuficiente para fornecer energia ao sensor, este poderá ser alimentado através de uma bateria de *Lithium* de 3,6 V / 1,1 Ah.

Sensor de Iluminação Exterior SR65 LI

O sensor SR65 LI é instalado no exterior e mede os níveis de iluminação ambiente em Lux, com duas gamas de medição: de 300 a 30000 lux com uma resolução de 117 lux, e de 600 a 60000 lux com uma resolução de 234 lux. Estas duas configurações são intercaladas através de uns *jumpers* existentes no interior do sensor (a primeira gama vem seleccionada por omissão). A precisão do sensor não é indicada pelo fabricante.

Aquando da instalação do sensor, alguns aspectos devem ser considerados:

- Deverá ser garantida uma iluminação (natural ou artificial) de 400 lux no lugar de posicionamento do sensor durante pelo menos cinco a seis horas diárias de modo a que este tenha energia suficiente para operar.
- Ao usar luz artificial com um feixe de luz direccionado, o ângulo de incidência do feixe na célula solar não deverá ser muito íngreme.
- O sensor deverá ser posicionado a uma altura de pelo menos 2,5 m a fim de evitar iluminações artificiais indesejáveis, eventuais sombras ou mesmo vandalismo (Figura 4.31). A parte frontal do sensor deverá estar direccionada para a luz do dia.



Figura 4.31: Posicionamento aconselhado do sensor SR65 LI (fonte: SR65-LI *Data Sheet*)

Sensor de contacto SRW01

Este sensor permite saber o estado de abertura de uma janela através de um contacto magnético. Para tal, um pequeno magneto é posicionado junto do sensor que ao se afastar o seu campo magnético rompe o contacto com o sensor e este transmite o valor binário correspondente (0 para contacto fechado, ou seja, janela fechada).

Aquando da instalação do sensor, alguns aspectos devem ser considerados:

- Deverá ser garantida uma iluminação (natural ou artificial) de 100 lux no lugar de posicionamento do sensor durante pelo menos três a quatro horas diárias de modo a que este tenha energia suficiente para operar.

- A célula solar deverá ficar preferencialmente direccionada para uma janela onde não exista incidência directa da luz solar, pois esta poderá resultar em valores adulterados na medição de temperatura.
- Ao usar luz artificial com um feixe de luz direccionado, o ângulo de incidência do feixe na célula solar não deverá ser muito íngreme.
- O sensor deverá ser instalado na estrutura da janela e o respectivo magneto deverá ser colocado na janela no máximo a 5mm de distância do sensor, para que o contacto magnético seja possível (Figura 4.32).

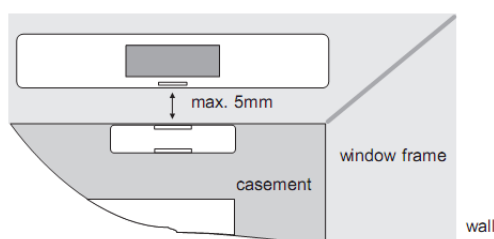


Figura 4.32: Posicionamento do sensor SRW01 (fonte: SRW01 *Data Sheet*)

De notar que, da mesma forma que o sensor é instalado numa janela, pode também ser instalado numa porta para que se possa saber o seu estado de abertura.

Multi Sensor SR-MDS BAT

O SR-MDS BAT integra três sensores internamente: sensor de temperatura, sensor de iluminação e sensor de detecção de movimento. O sensor de temperatura tem uma gama de medição de 0 a 51 °C, enquanto o sensor de iluminação opera na gama de 0 a 510 lux. A resolução e precisão destes sensores não são indicadas pelo fabricante. O sensor de detecção de movimento é um sensor de Infravermelho Passivo e detecta movimento até a um ângulo de aproximadamente 105° numa direcção de 360°, ou seja, a detecção é feita até um diâmetro de aproximadamente 7m com o centro a coincidir com o do sensor a uma altura de aproximadamente 2,70m (Figura 4.33a). O diâmetro para qual o sensor é mais eficaz na detecção de movimento é de 3m, sendo que a detecção a 360° é feita até um diâmetro de 5m. Dos 5 aos 7m criam-se brechas no diâmetro de detecção do sensor, necessitando assim de algum cuidado no posicionamento do sensor.

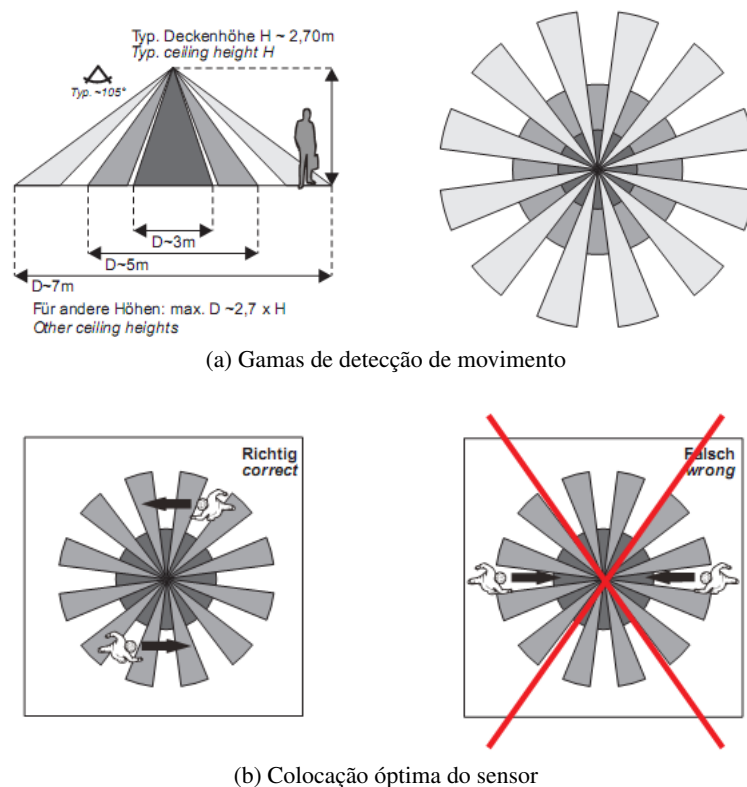


Figura 4.33: Instalação do sensor SR-MDS BAT (fonte: SR-MDS Data Sheet)

Aquando da instalação do sensor, alguns aspectos devem ser considerados:

- Este sensor deve ser instalado no tecto da divisão, sendo que a altura tem uma influência directa no seu raio de detecção. A altura óptima de instalação é de 2,70m.
- O sensor não deve ser colocado sobre uma eventual lâmpada, pois o calor libertado pode danificar o infravermelho do sensor e pode adulterar os valores medidos.
- Para uma detecção de movimento óptima o sensor deverá ser colocado de lado, de modo a que as zonas de detecção sejam cortadas em rectângulos o mais possível. Nas situações em que o sensor está colocado na direcção em que os elementos a detectar se movimentem existe uma redução considerável no raio de detecção de movimento (Figura 4.33b).

Wireless Gateway STC65-FTT

O módulo STC65-FTT é o receptor *wireless* da rede sensorial, cujos dados são recebidos através de uma antena de 100mm e reencaminhados para o resto da rede através da sua interface de LonWorks.

Aquando da instalação do receptor, alguns aspectos devem ser considerados relativamente à antena:

- A antena do receptor deverá estar colocada aproximadamente 0,5m abaixo do tecto e alinhada verticalmente para baixo.
- Deverá estar distanciada da parede no mínimo em 0,1m e pelo menos em 2m de outros transmissores *wireless* que possam causar interferências.

Para que seja possível ao STC65-FTT receber os dados dos sensores acima mencionados, este recorre à configuração das variáveis UCPT e SNVT do protocolo LonTalk presentes na sua estrutura, que indicam de que tipo é cada sensor e as respectivas propriedades. Para tal, utilizou-se uma versão DEMO limitada do *software* NL220 da Loytec (*software* de instalação e manutenção de redes como LonWorks) que permite configurar as variáveis através de uma placa PCC-10 da Echlon que faz a interface entre o PC e a rede LonWorks. Consultando o manual *Software Description* do STC65-FTT consegue-se saber que valores se deve associar às variáveis para que os respectivos sensores sejam então reconhecidos pelo receptor.

Configurada a placa e reconhecido o receptor no NL220, avança-se para a configuração das respectivas variáveis no *software*.

Começando pelo sensor SR04rH, este tem que se registar no receptor. O procedimento é feito através de um *learn button* existente em cada sensor da rede. Após preparação do *software* para a recepção do ID do sensor, prime-se então o seu *learn button* e o respectivo ID fica registado (Figura 4.34).

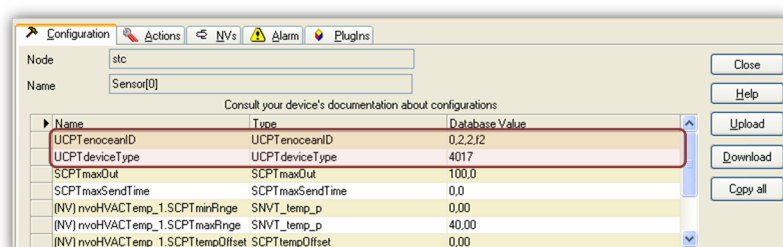


Figura 4.34: Registo do ID e configuração do tipo de sensor no NL220

De seguida é necessário identificar no receptor que tipo de sensor este vai ser. Consultando o manual sabe-se que a variável *UCPTdeviceType* (variável que identifica o tipo de sensor) toma o valor de 4017 (Figura 4.34), e que a variável onde fica guardado o valor deste sensor é a *nvoMultiOut_1_1*. Sendo este um sensor de temperatura e humidade, define-se que a variável *nvoMultiOut_1_1* deste sensor vai ser do tipo *SNVT_lev_percent*, que se vai traduzir em humidade relativa (Figura 4.35). Para a temperatura existem as variáveis reservadas, sendo neste caso a variável *nvoHVACTemp_1* que vem já predefinida para receber valores de temperaturas dispensando assim da definição do seu tipo.

Para os restantes sensores o procedimento é exactamente o mesmo. Cada sensor tem o seu ID, *UCPTdeviceType* e as variáveis SNVT devidamente configuradas com os respectivos tipos, ficando assim o receptor STC65-FTT configurado para receber os dados sensoriais.

Finda a configuração, é altura de gerar o ficheiro de interface .XIF³ para que a estrutura de dados do STC65-FTT esteja disponível na rede LonWorks, em particular no *software* de gestão da rede TAC Vista.

A partir do *software* NodeUtil da Echelon e através da placa de interface PCC-10 acede-se à rede LonWorks, mais concretamente ao STC65-FTT (Figura 4.36). O *software* carrega então a estrutura do dispositivo tornando-a visível para o utilizador, permitindo assim várias operações sobre a estrutura, em particular a operação de gerar o ficheiro de interface XIF a partir da estrutura carregada do

³Os ficheiros XIF (Device Interface File) da LonMark definem a interface (estruturas de dados e variáveis UCPT e SNVT) do dispositivo que vai ficar visível para os outros dispositivos e para a rede LonWorks[33].

dispositivo.

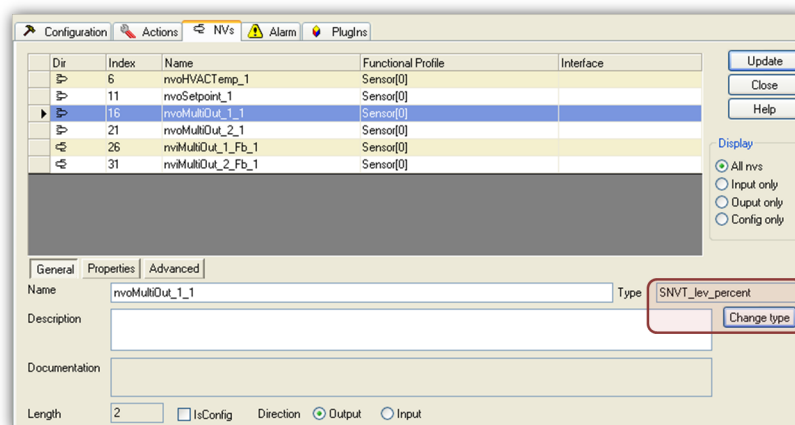


Figura 4.35: Definição do tipo de variável SNVT no NL220

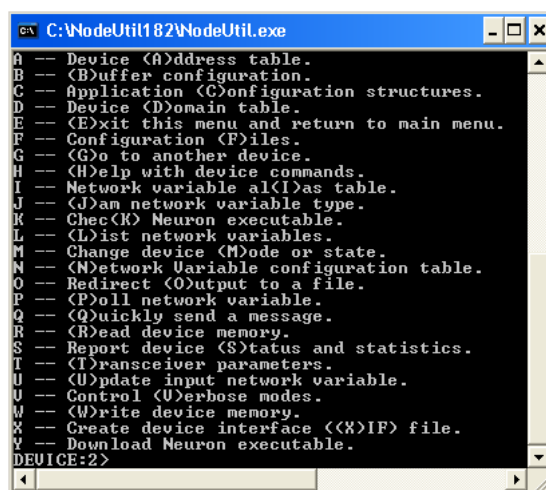


Figura 4.36: Geração do ficheiro de interface XIF no *software* NodeUtil

É de enorme importância salientar que todo este procedimento de configuração dos sensores no STC65-FTT acima descrito não é requisitado aos habitantes utilizadores do sistema, pois sendo este um *kit plug and play* deverá ser configurado de fábrica ou pelo distribuidor.

4.6.1.4 Contador de energia UPT210

O contador de energia UPT210 tem como principal função medir o consumo energético e os principais parâmetros do sistema eléctrico, e deste modo auxiliar a estimativa de quanto se poderá poupar com a instalação do HESAS numa habitação. De todos os parâmetros de medição disponíveis pelo contador, os que são relevantes e guardados na base de dados deste sistema podem ser consultados na Tabela 4.1.

Em termos de especificações, a corrente de mínima de medição é de 2 mA e pode ir até um valor de 7 A_{RMS}, onde o máximo valor de *overload* é 10 A_{RMS} continuamente e 100 A_{RMS} durante um segundo

(de notar que é possível a medição de valores de corrente mais elevados, para aplicações de maiores potências, sendo para tal necessário o recurso a um transformador de corrente e à configuração da relação de transformação no contador). A tensão é medida com uma precisão total de $\pm 1,3 \%$, e para a corrente a precisão é de $\pm 0,5 \%$. A Potência Activa é medida com uma precisão de $\pm 1 \%$, e o Factor de Potência com uma precisão de $1,5 \%$. Por fim, a Energia Activa é apresentada com uma precisão de 1% e a Frequência com uma precisão de $\pm 0,05 \%$, com ± 2 dígitos numa gama de frequências entre 45 e 65 Hz.

Tabela 4.1: Dados do contador de energia que são guardados

Designação	Unidade
Tensão do Sistema	V [V]
Corrente do Sistema	I [A]
Factor de Potência	PF
Potência Activa	P [W]
Potência Reactiva	Q [VAr]
Potência Aparente	S [VA]
Frequência	F [Hz]
Energia Activa do Sistema	[Wh]

De notar que todos os parâmetros eléctricos da Tabela 4.1 são valores instantâneos, à excepção da Energia Activa do Sistema que é o valor acumulado no UPT210.

4.6.1.5 Módulo de expansão Xenta 422A

O TAC Xenta 422A é um módulo de Entradas Universais / Saídas Digitais que pode ser usado como um módulo normal de I/O ou como um dispositivo certificado LonMark.

Este módulo apresenta quatro entradas universais e cinco saídas digitais, onde as entradas universais podem ser usadas como entradas digitais com uma tensão em contacto aberto de 20 V DC e uma corrente em contacto fechado de 3 mA, como entradas de termistor onde a gama de medição é entre -50 a 150°C , como entradas de tensão onde o sinal deverá ter de 0 a 10 V DC com uma resistência de $>100 \text{ k}\Omega$ e por fim como entradas de corrente com uma gama de 0 a 20 mA e uma resistência de 47Ω . Nas saídas digitais a tensão de controlo deverá ser de 250 V AC com uma corrente de no máximo 2 A.

No presente sistema o Xenta 422A é usado como módulo de expansão do sistema, como por exemplo à Domótica, Controlo e/ou Automação. O Xenta 422A controla remotamente o estado (ON/OFF) de uma tomada eléctrica CONNECT da Schneider Electric através de um emissor Radio CONNECT, também da Schneider Electric (Figura 4.37).



Figura 4.37: Controlo remoto de uma tomada através do TAC Xenta 422A

4.6.1.6 Controlador Xenta 731

Este é o módulo central do sistema físico pois, como foi dito anteriormente, faz a ponte entre a rede LonWorks e a rede Ethernet, ou seja, entre a camada física do sistema e a camada de *software*.

O Xenta 731 é um módulo multifuncional que integra um sistema de controlo bem como a apresentação gráfica de toda a rede LonWorks a ele ligada através de um *webserver* integrado que pode ser acedido remotamente através da Internet. Além da consulta do estado da rede e não só, o *webserver* do Xenta 731 permite também que o utilizador interaja com e controle a rede e os seus dispositivos a partir de qualquer lugar do mundo (com ligação à Internet). O Xenta 731 pode facilmente ser programado para várias aplicações de controlo, sendo estas mais focadas para a área de Domótica e Automação, sendo que a parte de controlo não será abordada neste trabalho.

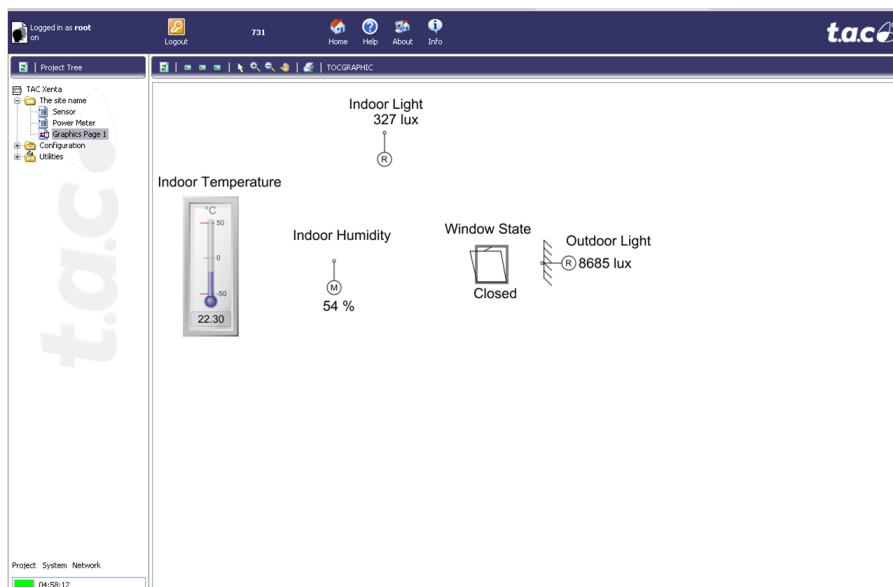


Figura 4.38: Interface do *webserver* do TAC Xenta 731

Além de ter ligação Ethernet e LonWorks, este módulo tem também ligações I/NET, MicroNet (ou Satchnet) e Modbus, bem como portas RS-232 e RS-485 para comunicação série.

O TAC Xenta 731 permite uma ligação de até vinte módulos Xenta 422A, e até 30 nós na rede

LonWorks, ou seja, até trinta dispositivos LonWorks podem estar ligados a um Xenta 731.

Sendo este um módulo Ethernet com um *webserver* integrado, tem um endereço IP associado. Este endereço vem já configurado de fábrica de modo a poder ser integrado na rede imediatamente. No entanto, o IP provavelmente deverá ser reconfigurado para os parâmetros da rede em que se insere. Tal é feito através do acesso ao *webserver*, onde se pode alterar os parâmetros associados ao protocolo TCP/IP.

Sendo que por cada divisão existe uma rede sensorial, existe então um TAC Xenta 731 por cada habitação onde as redes sensoriais de todas as divisões são ligadas. Em cada edifício existe um *router* Ethernet onde ligam todos os Xenta 731 do edifício, que por sua vez liga ao PC servidor, como foi dito e ilustrado no início da secção 3.3.1.

4.6.1.7 TAC Vista

O TAC Vista é um sistema de monitorização, controlo e supervisão de sistemas de iluminação, aquecimento e ventilação. Pode ser corrido como *stand-alone* ou numa rede constituída por vários PCs ligados em rede local ou remotamente. Este sistema inclui vários *softwares* que fazem parte de um pacote, onde os mais relevantes para este trabalho são: TAC Vista Server, TAC Vista Workstation, TAC Graphics Editor, TAC XBuilder e o TAC Vista OPC Server. O TAC Vista Server é o servidor central que permite a comunicação entre todos os PCs de uma eventual rede, onde fica alojada a base de dados do TAC Vista e é a ponte entre todos os *softwares* do pacote. É ainda no TAC Vista Server que acontece a comunicação entre todo o software e o TAC Xenta 731 (e consequentemente com todos os dispositivos da rede Lonworks). No TAC Vista Workstation é configurada e mantida toda a rede física do sistema desenvolvido bem como a sua estrutura. O TAC Graphics Editor tem a finalidade de desenvolvimento de uma interface gráfica para a apresentação das variáveis e valores da rede no *webserver* do Xenta 731. Por fim, o TAC XBuilder é onde toda a informação da rede configurada no Vista Workstation é enviada para o módulo TAC Xenta 731 e consequentemente disponibilizada online através do *webserver*, incluindo a interface gráfica desenvolvida no Graphics Editor.

A configuração da rede no TAC Vista Workstation é feita hierarquicamente começando por ser adicionado o TAC Xenta 731, visto ser a interface *software-hardware*. Configurado o endereço IP e as credenciais de acesso ao *webserver* do Xenta 731 adiciona-se um nó que será a rede LonWorks, dentro da qual estarão todos os dispositivos físicos existentes na rede. De seguida é necessário organizar a rede por grupos, pelo que se cria um grupo LonWorks. Por fim adicionam-se ao grupo os dispositivos LonWorks existentes na rede que farão parte deste grupo, que no presente sistema são a rede sensorial (o STC65-FTT) e o contador energético UPT210 (Figura 4.39). Ao adicionar estes dispositivos LonWorks é necessário validar dois passos para que estes dispositivos sejam reconhecidos correctamente. Em primeira mão é necessário indicar a identificação de cada dispositivo (o Neuron ID), o que pode ser feito introduzindo o número manualmente no campo indicado, ou mais intuitivamente através de um *service pin* existente em cada dispositivo LonWorks que envia o seu Neuron ID através da rede. Premindo o *service pin* o dispositivo fica automaticamente reconhecido pelo Vista Workstation. O último passo será então carregar o já referido ficheiro de interface XIF do respectivo dispositivo para que este disponibilize a sua estrutura e respectivas variáveis no TAC Vista. No caso do STC65-FTT o ficheiro XIF é gerado através do processo indicado em 4.6.1.3. Para o contador de energia UPT210 é necessário ao fornecedor enviar o ficheiro juntamente com o aparelho.

Na Figura 4.39 é possível visualizar a estrutura da rede do sistema em causa. O primeiro nó da rede, "Apartment 1" é o nó correspondente ao TAC Xenta 731, que é o servidor da rede LonWorks de cada habitação. Dentro desse nó encontram-se a rede LonWorks e o respectivo grupo, dentro do qual se inserem os dispositivos LonWorks. Neste caso os dispositivos são o contador de energia da habitação UPT210, "PowerMeter_1", e o receptor *wireless* STC65-FTT, que se denomina por "Room 1" fazendo referência à divisão em qual está instalado. Como foi dito anteriormente, num caso real existiria um receptor por divisão, o que originaria a vários receptores dentro do grupo LonWorks cada um referenciando a divisão em qual se insere. Ainda mais, num caso real existiriam tantos Xenta 731 quantos apartamentos/moradias existentes no sistema, onde por cada habitação se repetiria a estrutura da Figura 4.39. Visto que o TAC Vista tem um limite de até mil TAC Xenta 731, que por sua vez tem um limite de trinta nós na rede LonWorks, conclui-se então que neste sistema seria possível ter até mil habitações diferentes, sendo que cada habitação poderia ter até trinta divisões a serem monitorizadas pela rede sensorial.

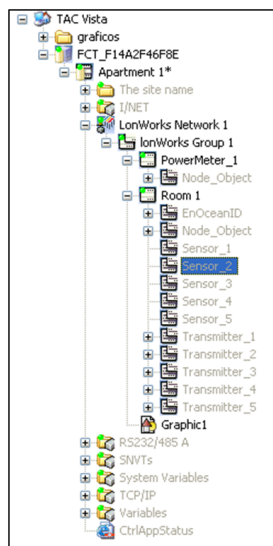


Figura 4.39: Estrutura da rede LonWorks no TAC Vista Workstation

De notar ainda que, como se pode visualizar na Figura 4.39, esta estrutura segue a topologia apresentada na secção 4.1. Na realidade, esta estrutura resultante da configuração do sistema físico deu origem à topologia apresentada na Figura 4.1 sobre a qual se iria basear toda a estrutura de dados deste sistema desenvolvido.

A interface gráfica de teste criada para o *webserver* do TAC Xenta 731 através da aplicação TAC Graphics Editor é a que se encontra na Figura 4.38. Cada uma das figuras foi ligada à variável SNVT correspondente de modo a que se possa facilmente visualizar o seu valor e respectivas mudanças em tempo real.

O TAC Vista OPC Server é o *software* chave que disponibiliza as variáveis da rede LonWorks para o módulo de Análise Comportamental e Aconselhamento Dedicado através da implementação da especificação OPC no presente trabalho.

Capítulo 5

Resultados Experimentais

Neste capítulo é pretendido o fornecimento de uma demonstração de aplicação em cenários reais do trabalho desenvolvido no âmbito da presente dissertação, onde ao longo de uma semana o sistema ficou a funcionar continuamente de modo a que o teste se aproximasse da realidade o mais possível. Os testes experimentais decorreram durante a semana de 21 a 27 de Março de 2011, e serão apresentados os resultados da aquisição de dados da aplicação desenvolvida, bem como a apresentação gráfica destes resultados através da interface Web desenvolvida. É ainda elaborado um questionário de avaliação de alguns aspectos da interface Web.

5.1 Instalação do sistema

Para a realização dos testes experimentais o sistema foi instalado no laboratório 1.4 do DEE da FCT/UNL. Todos os módulos do sistema físico foram instalados no quadro eléctrico geral da Figura 5.1.



Figura 5.1: Quadro geral do equipamento

Neste quadro eléctrico encontram-se presentes os seguintes módulos (conforme a Figura 5.1):

1. TAC Xenta 422A
2. TAC Xenta 731
3. Algodue Elettronica UPT210
4. Transformador de tensão TAC 230 V ~ 24 V
5. Disjuntor geral de 16A.
6. Antena do receptor Thermokon STC65-FTT

De notar que apenas a antena *wireless* aparece na imagem, pois o receptor está inserido dentro do quadro.

Os sensores foram instalados no laboratório conforme as recomendações descritas no Capítulo 3.

5.2 Validação de resultados

No decorrer da semana de 21 a 27 de Março de 2011 o sistema ficou a adquirir sinais no laboratório 1.4 do DEE. Após todo o processo de configuração do sistema já descrito no Capítulo 4, os valores sensoriais foram continuamente registados na base de dados do sistema ao longo desses sete dias. Para que a descrição dos resultados não se torne repetitiva, será abordado um dos sete dias (21 de Março) em quais os testes foram realizados (pois nos restantes dias o resultado será precisamente o mesmo, mudando apenas a data e os valores ambientais).

Começa-se por apresentar a janela da aplicação que permite visualizar os valores sensoriais provenientes do OPC Client (Figura 5.2).

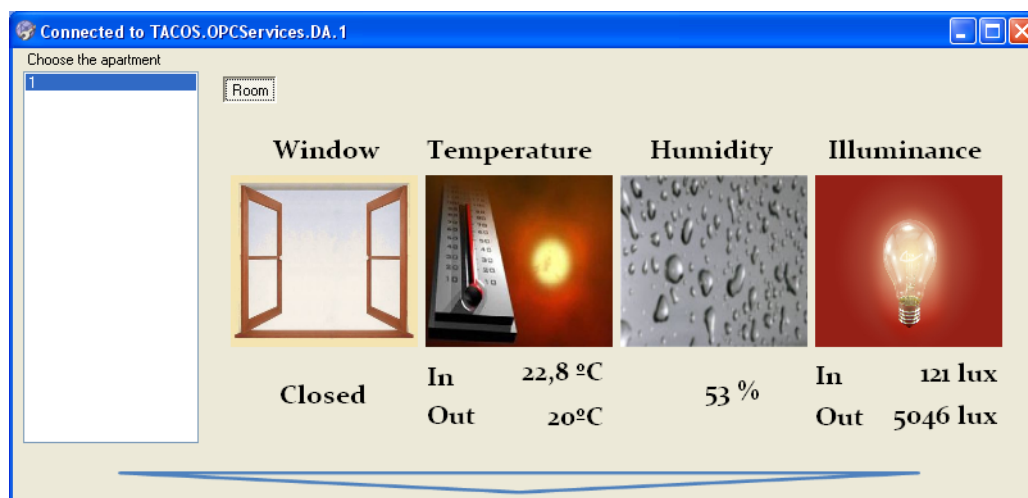


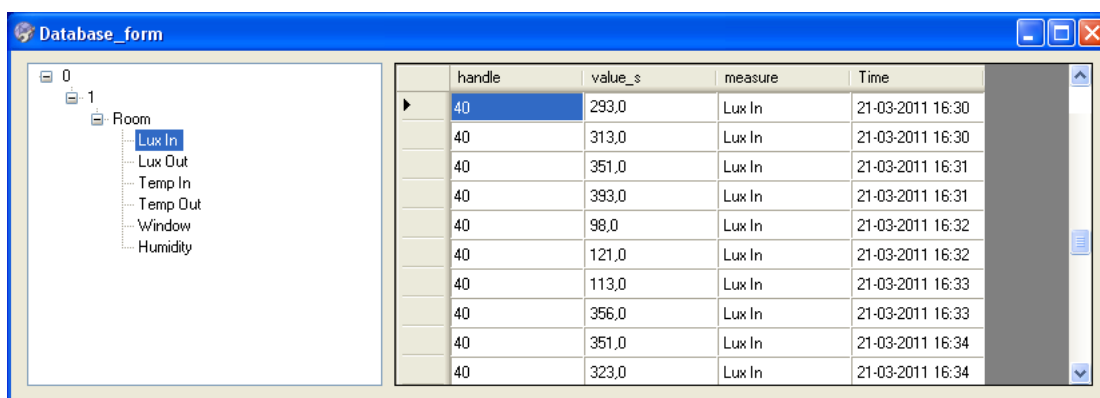
Figura 5.2: Valores sensoriais captados em tempo real

Os valores que se encontram na Figura 5.2 são referentes ao dia 21 de Março de 2011, e a figura foi registada às 16:32h. Analisando a figura é possível verificar o estado ambiental do laboratório e também exterior, sendo que com o conjunto destes valores imediatamente percebe-se que a temperatura exterior rondava os valores normais para a época (20 °C), ainda que avaliando o nível de luminosidade pode-se afirmar que estava um dia solarengo (5046 lux). Como seria de esperar, a

temperatura interior é um pouco mais elevada (22,8 °C), devido não só ao isolamento térmico do laboratório mas também à presença de algumas pessoas na sala. Acerca da Humidade não há muito a dizer, pois sendo este um valor interior, não oscila muito ao longo do tempo. Por fim, resta apontar a indicação de que, como seria de esperar, a janela do laboratório estava fechada de forma a que não entrasse frio.

É com estes valores e as suas variações que o módulo de Análise Comportamental e Aconselhamento Dedicado avaliará os comportamentos dos utilizadores de uma habitação e posteriormente os aconselhará, como já foi anteriormente explicado.

Estes eram os valores que os sensores estavam a captar em tempo real no momento do registo da imagem. Pois agora apresentam-se os valores sensoriais mas na forma de histórico, ou seja, já gravados na base de dados após toda a análise efectuada por outros módulos. Na Figura 5.3 é possível visualizar os registos relativamente ao sensor de iluminação interior, onde são visíveis os valores captados na altura do registo da imagem presente na Figura 5.2, onde se verifica o valor de 121 lux às 16:32h.



handle	value_s	measure	Time
40	293,0	Lux In	21-03-2011 16:30
40	313,0	Lux In	21-03-2011 16:30
40	351,0	Lux In	21-03-2011 16:31
40	393,0	Lux In	21-03-2011 16:31
40	98,0	Lux In	21-03-2011 16:32
40	121,0	Lux In	21-03-2011 16:32
40	113,0	Lux In	21-03-2011 16:33
40	356,0	Lux In	21-03-2011 16:33
40	351,0	Lux In	21-03-2011 16:34
40	323,0	Lux In	21-03-2011 16:34

Figura 5.3: Valores sensoriais registados na base de dados do sistema

Prossegue-se agora para a interface Web com o utilizador, onde todos os resultados serão expostos de maneira simples para que possam ser interpretados por utilizadores de qualquer nível de formação.

Ao fazer o *Login* na página Web e consultar a sua Home Page, o utilizador encontra as últimas cinco mensagens geradas devido ao seu comportamento energético, bem como a informação da pontuação actual da habitação (Figura 5.4), onde neste caso as mensagens são os resultados dos testes do módulo de Análise Comportamental e Aconselhamento Dedicado.



User information:		Last Updates	
Date / Hour	Local	Message	Action Efficiency
26-03-2011 17:36:21	Room	Luzes ligadas desnecessariamente	C
24-03-2011 10:18:33	Room	Luzes ligadas desnecessariamente	D
23-03-2011 13:59:02	Room	Janela aberta indevidamente	C
23-03-2011 12:31:53	Room	Aquecedor ligado incorrectamente	G
22-03-2011 17:02:19	Room	Estore fechado indevidamente	E

Figura 5.4: Últimas mensagens enviadas ao utilizador

Na Figura 5.5 são ainda apresentados os aconselhamentos dedicados resultantes dos testes com-

portamentais (ainda que estes testes comportamentais não façam parte do presente trabalho, são apresentadas estas imagens com o intuito de mostrar como toda a informação será apresentada ao utilizador através da interface Web desenvolvida, esta já no âmbito deste trabalho).

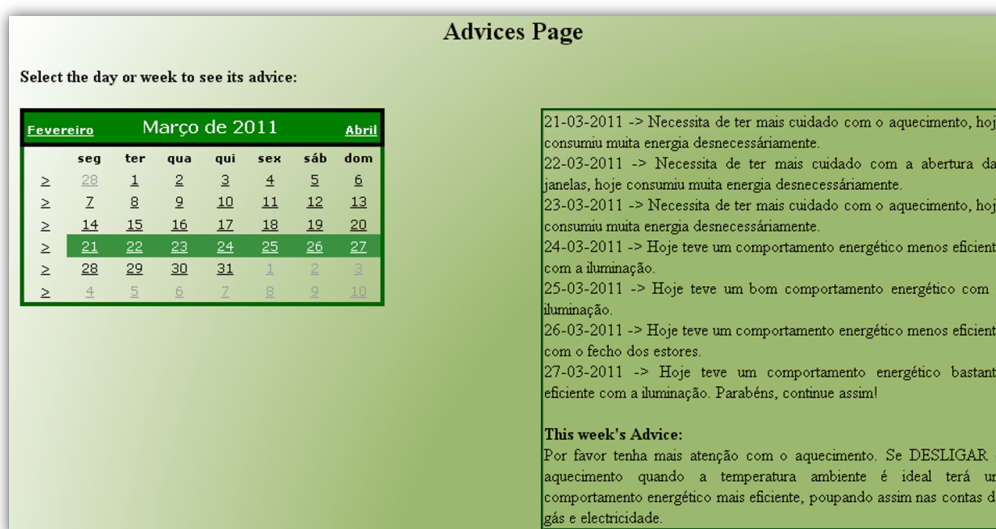


Figura 5.5: Aconselhamentos gerados na semana de testes

Apresenta-se agora a página que representa a evolução temporal dos sensores instalados no interior do laboratório. Começa-se por mostrar o histórico do dia 21 de Março, onde foram registados os valores ambientais já anteriormente mencionados (Figura 5.6). Tendo em conta que os valores aqui mostrados são os valores médios de cada hora do dia, a representação gráfica da Humidade não revela surpresas, pois ao longo do dia a Humidade tende a manter-se visto que se trata de um sítio fechado. Por outro lado, na Temperatura é possível ver um ligeiro aumento a partir das 9h da manhã, hora em que o sol começa a aquecer a sala e também altura em que começam a chegar mais alunos ao laboratório, sendo que à tarde vê-se a temperatura a decrescer devido à influência dos mesmos factores. O gráfico da luminosidade revela exactamente o mesmo, a altura do dia em que o sol começa a iluminar o laboratório, bem como a altura em que as luzes são acesas. Notam-se ainda algumas oscilações ao longo do dia, oscilações estas que se devem a uma variedade de factores, como por exemplo testes experimentais com as luzes e/ou estores.

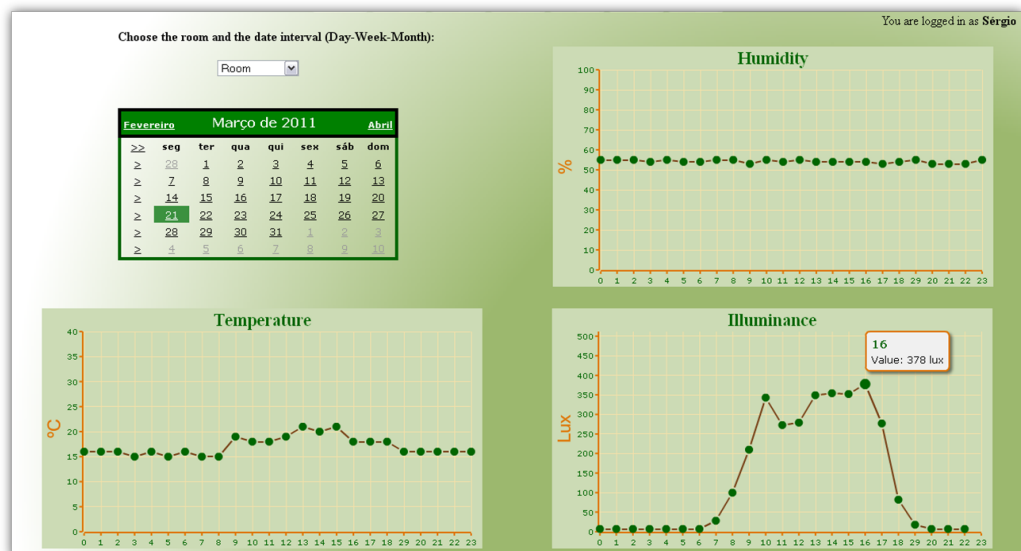


Figura 5.6: Histórico dos valores sensoriais ao longo do dia 21 de Março de 2011

Na Figura 5.7 consultam-se agora os valores sensoriais registados ao longo da semana de testes, sendo que a cada dia o valor do gráfico é correspondente à média dos valores desse mesmo dia.

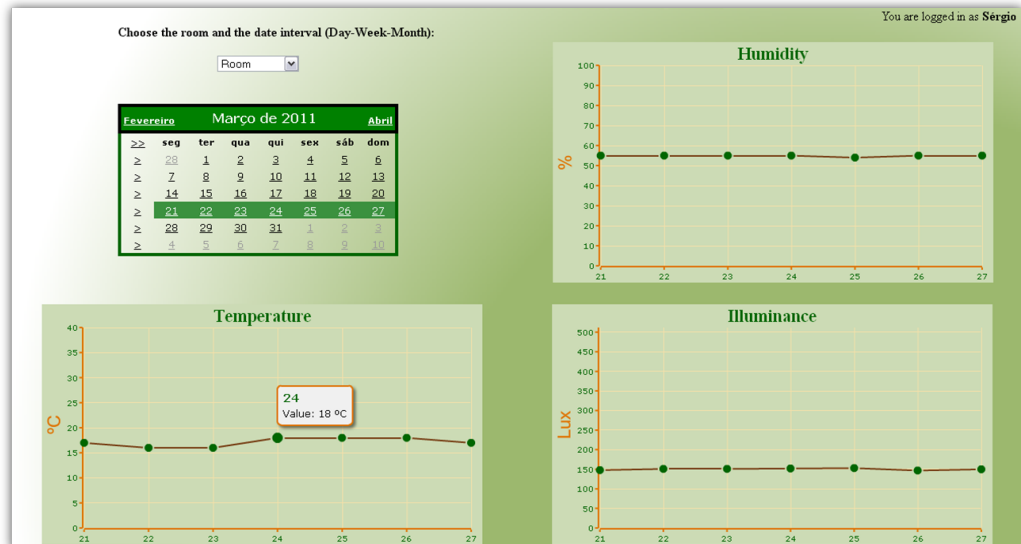


Figura 5.7: Histórico dos valores sensoriais ao longo da semana de 21 a 27 de Março de 2011

Por fim, a Figura 5.8 ilustra a evolução mensal dos valores ambientais captados pelos sensores do sistema. De notar que o conjunto de valores encontra-se no início dos gráficos, pois os testes apenas foram iniciados na quarta semana de Março, sendo que antes não existem valores na base de dados para aqui serem traçados. Num cenário real onde o sistema estivesse a funcionar há mais de um mês, os valores corresponderiam aos respectivos dias presentes na abcissa dos gráficos.

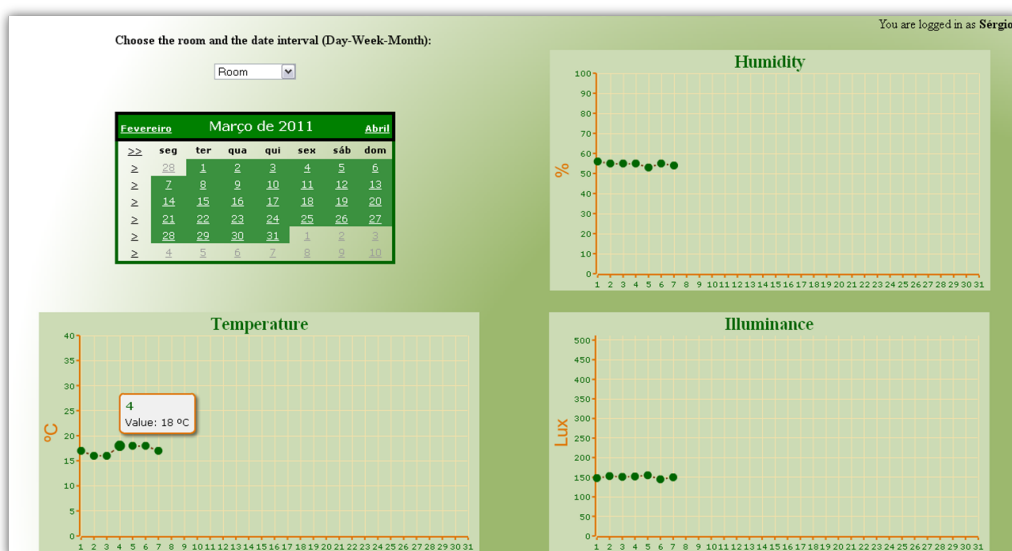


Figura 5.8: Histórico dos valores sensoriais ao longo do mês de Março de 2011

Em jeito de finalização da validação de resultados apresenta-se por fim a evolução semanal da pontuação energética, sendo que é esta a evolução que os habitantes deverão conseguir ao longo do tempo com a utilização do sistema HESAS, onde através de todas as ferramentas disponibilizadas por este trabalho os habitantes deverão ser consciencializados para um uso mais eficiente da energia e diminuir acentuadamente o seu consumo energético. Apresenta-se então na Figura 5.9 a evolução da pontuação ao longo da semana de testes.



Figura 5.9: Evolução das pontuações na semana de testes

É então importante referir a importância destes resultados, onde com estas representações gráficas da evolução dos habitantes, quer por parte dos gráficos quer com as mensagens e aconselhamentos dedicados ilustrados, o sistema vai impor um maior sentido de responsabilidade energética aos habitantes e fomentar uma maior consciencialização dos seus comportamentos energéticos e consequentemente uma diminuição nas despesas energéticas da habitação.

5.3 Questionário de avaliação da Interface

Foi por fim realizado um questionário a um conjunto de vinte pessoas de várias áreas profissionais e várias faixas etárias de modo a obter uma avaliação geral sobre alguns aspectos da interface desenvolvida no presente trabalho.

O questionário é composto por cinco diferentes aspectos relativos à interface, onde o questionado deve dar uma pontuação de 1 a 5 em cada aspecto do questionário, onde o nível 1 é o mais fraco, e o nível 5 é o mais elevado.

Os aspectos da interface a serem questionados são os seguintes:

- Facilidade de utilização - onde os utilizadores devem caracterizar o nível de facilidade da utilização do *website*, tanto a nível de navegação entre os menus existentes como a nível de interacção com o próprio *website*.
- Organização da informação - os utilizadores devem indicar se a informação existente no *website* está bem organizada ou se se torna confusa nos vários menus.
- Apresentação gráfica - este ponto pretende mostrar a opinião geral sobre a qualidade da apresentação gráfica da interface desenvolvida.
- Relevância do conteúdo - aqui os utilizadores devem dizer se o conteúdo existente no *website* contém informação relevante sobre todo o sistema desenvolvido ou se existe alguma informação menos relevante para o conhecimento do utilizador.
- Qualidade geral - por fim os utilizadores classificam a qualidade geral da interface desenvolvida, fazendo um apanhado de todos os aspectos anteriores e reflectindo também eventuais aspectos não colocados no questionário.

Expõe-se então os resultados referentes ao questionário efectuado, analisando cada um destes aspectos de seguida.

Facilidade de utilização

Na Figura 5.10 é possível visualizar as respostas dos inquiridos em relação à facilidade de utilização da interface desenvolvida na forma de um gráfico de colunas, de onde se pode concluir que a grande maioria das pessoas envolvidas neste questionário considerou que o *website* desenvolvido para fazer a interface do sistema com o utilizador é de fácil utilização, sendo o utilizador uma pessoa mais experiente a nível das novas tecnologias ou uma pessoa que não esteja dentro da área de tecnologias de informação.

A média aritmética da pontuação desta questão, fazendo um arredondamento para uma casa decimal, toma o valor de 4,6, atingindo assim o nível máximo de satisfação quanto à facilidade de utilização do *website* entre os utilizadores questionados.

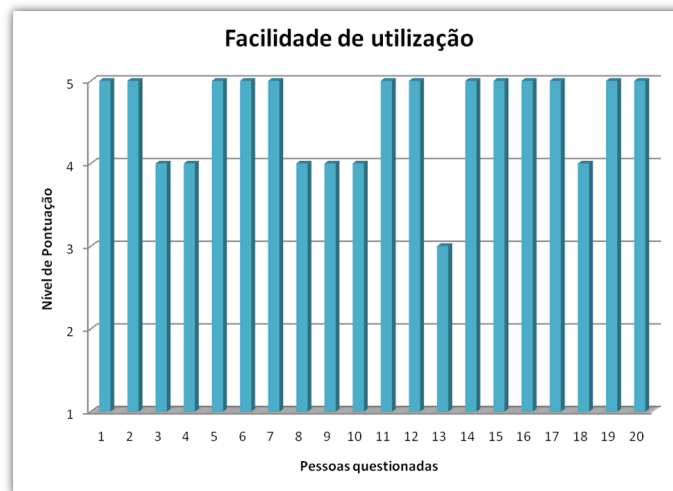


Figura 5.10: Gráfico de resultados para o primeiro aspecto do questionário

Organização da informação

Na Figura 5.11 visualizam-se as respostas relativas à organização da informação no *website* desenvolvido. Analisando o gráfico da figura, é possível concluir que, como na questão anterior, os resultados foram bastante satisfatórios, sendo que a maioria das pessoas considerou que a organização da informação existente na interface do sistema está clara e que a navegação entre os menus e a utilização das várias opções é simples.

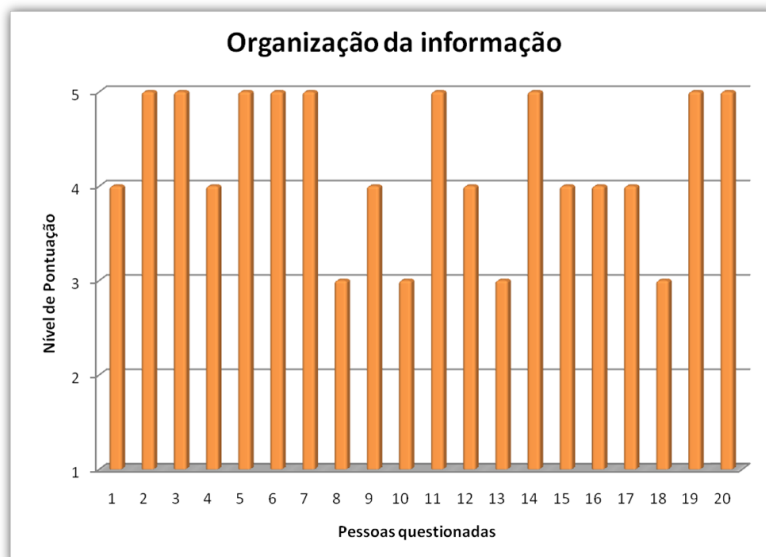


Figura 5.11: Gráfico de resultados para o segundo aspecto do questionário

Esta questão teve uma pontuação média de 4,25, revelando um resultado bastante positivo na exposição da informação dentro do *website*.

Apresentação gráfica

Os resultados do questionário referentes à apresentação gráfica da interface encontram-se na Figura 5.12.

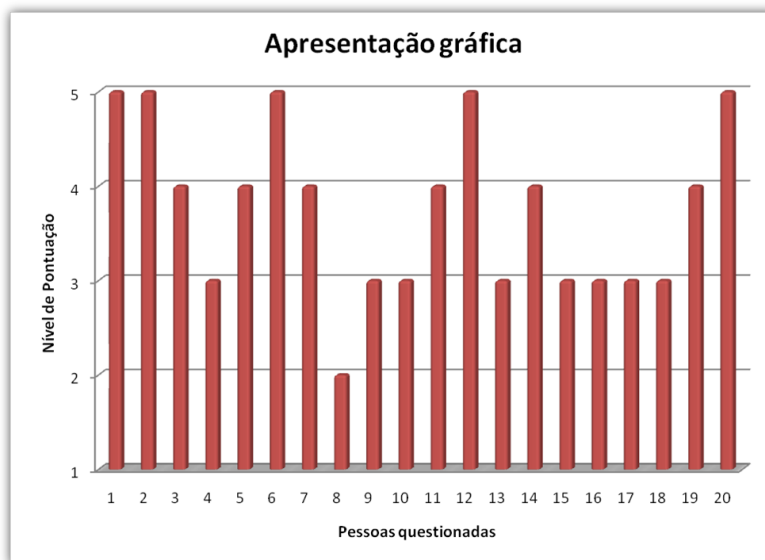


Figura 5.12: Gráfico de resultados para o terceiro aspecto do questionário

Como se pode verificar, os inquiridos tiveram alguma relutância quanto ao aspecto gráfico da interface, atribuindo um valor médio de 3,75. Esta classificação mais baixa deve-se ao facto de o aspecto gráfico da interface não ser uma prioridade no desenvolvimento deste trabalho, mas sim a informação nela contida.

Relevância do conteúdo

A classificação da relevância do conteúdo da interface desenvolvida atribuída aquando da resposta do questionário por parte dos questionados apresenta-se na Figura 5.13.

A análise deste gráfico de colunas representado na Figura 5.13 resulta numa classificação média de 3,85 pontos, que se traduz numa geral satisfação quanto à relevância do conteúdo exposto no *website*, ainda que algumas das respostas menos satisfatórias se tenham reflectido no facto de haver alguma informação que não se identifique como sendo relevante para o conhecimento do utilizador sobre a utilização deste sistema.

No entanto, os inquiridos afirmam que não notam falta de informação alguma para melhor compreensão do sistema e do seu funcionamento em função dos seus objectivos.

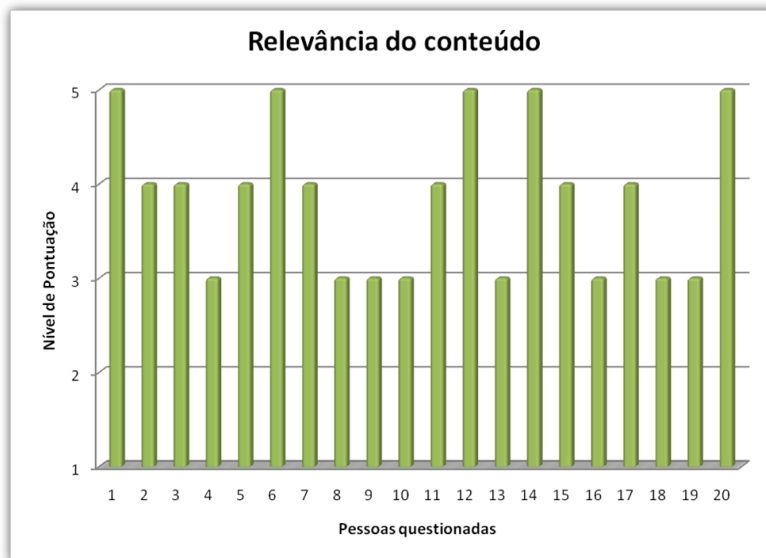


Figura 5.13: Gráfico de resultados para o quarto aspecto do questionário

Qualidade geral

Por fim, classificando a qualidade geral da interface do sistema com uma pontuação média de 4,05, os participantes do questionário, na qualidade de eventuais utilizadores do sistema em causa, expressam um nível de satisfação bastante aceitável quanto à qualidade geral da interface do sistema.

Atendendo às respostas dos utilizadores e recorrendo ao gráfico presente na Figura 5.14 pode-se então concluir que o *website* em causa é bastante intuitivo e simples de se utilizar e navegar, seja para o utilizador mais experiente em tecnologias de informação seja para o utilizador que não esteja totalmente confortável com computadores.

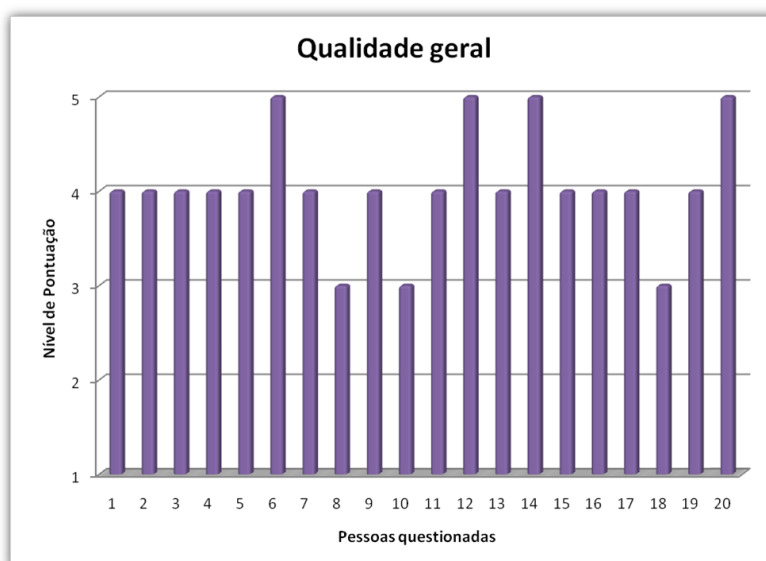


Figura 5.14: Gráfico de resultados para o quinto aspecto do questionário

5.3.1 Conclusões sobre os resultados do questionário

De um modo geral e tendo em conta as respostas anteriores, pode-se concluir que o objectivo de desenvolver uma interface simples e acessível a qualquer tipo de utilizador foi atingido.

Consultando a Tabela 5.1 onde é listado um resumo da pontuação média do questionário efectuado, conclui-se que a média aritmética global de todo o questionário é de 4,1 pontos. Sendo que o intervalo de pontuação compreende-se entre 1 e 5, a pontuação obtida como resultado do questionário é bastante satisfatória.

Tabela 5.1: Resumo da pontuação média do inquérito

Questão	Pontuação média
Facilidade de Utilização	4,6
Organização da informação	4,25
Apresentação gráfica	3,75
Relevância do conteúdo	3,85
Qualidade geral	4,05

Resta assim justificar que as arestas que ficaram por limar prendem-se em grande parte à componente gráfica da interface, sendo que foi esta a parte que teve menos foco na implementação de todo o sistema.

Capítulo 6

Conclusões

O principal objectivo deste trabalho, como já foi dito anteriormente, focou-se essencialmente no fornecimento da base física de um sistema de aconselhamento energético cuja finalidade é a sensibilização a nível comportamental dos consumidores domésticos para que estes adoptem acções mais sustentáveis a nível energético, bem como a ponte entre os resultados deste sistema de aconselhamento com o utilizador, através de uma interface gráfica baseada numa página *web*.

Foi então proposto o desenvolvimento de um sistema de aquisição de dados sensoriais que detectasse a actualização dos valores ambientais adquiridos pelos sensores inseridos na rede sensorial do sistema e automaticamente guardasse esses valores na base de dados desenvolvida, de modo a poderem ser tratados pelos restantes módulos do sistema. Com estes dados seria possível a esses módulos inferir o comportamento energético dos habitantes e consequentemente possibilitar o aconselhamento dedicado sobre os seus comportamentos de modo a fomentar um aumento da eficiência energética entre os consumidores domésticos. Foi também proposto o desenvolvimento de uma interface que faria a ligação entre o sistema e o utilizador e que permitiria o acesso a toda informação relativa à sua evolução quanto à eficiência energética, por um lado mostrando todos os detalhes dos seus comportamentos energéticos menos eficientes, por outro lado traçando o seu histórico de consumo energético em tempo real para que o utilizador tenha noção de quanta energia eléctrica está a poupar ou a consumir a mais.

Assim sendo, a implementação deste trabalho dividiu-se em duas fases distintas: toda a instalação e configuração do sistema físico e, posteriormente, o desenvolvimento da interface gráfica.

Na primeira fase, aquando da configuração do sistema físico, foram sentidas algumas dificuldades em relação à integração da rede sensorial *wireless* com a rede de comunicação LonWorks, pois a rede sensorial carecia de uma configuração cujo processo era até então desconhecido, tornando-se assim num interessante desafio. Após esta pequena pedra no caminho foi então possível prosseguir com todo o processo de aquisição de dados através do computador. Este processo apenas foi possível através da implementação da especificação OPC, que facultou a interacção do sistema físico com as camadas de *software*, permitindo assim a actualização em tempo real da rede sensorial em *software*. Resta então expressar o êxito obtido com este objectivo proposto de disponibilizar todos os dados ambientais em tempo real para que fossem tratados pelos restantes módulos.

A segunda fase de implementação, o desenvolvimento da interface gráfica, decorreu com alguma dificuldade, pois este seria o primeiro contacto com as tecnologias usadas por parte do autor deste trabalho. Ainda assim, foi possível disponibilizar toda a informação proposta em tempo real de modo

a que seja possível ao utilizador deste sistema acompanhar a sua evolução no mundo da eficiência energética de maneira simples e eficaz, a partir de qualquer localização global, desde que exista uma ligação à internet.

É ainda importante salientar algumas funções principais do trabalho desenvolvido, começando pela interface gráfica em formato de portal de Internet:

- A utilização do sistema de pontuação quanto à eficiência energética do utilizador, função que sem dúvida fomenta uma maior motivação aos habitantes para que se esforcem ainda mais na redução do seu consumo energético.
- Ainda baseada neste sistema de pontuação, existe a função que possibilita a cada habitante comparar o seu nível de eficiência energética com os seus vizinhos, tornando assim a eficiência energética num jogo de competição saudável onde todos os jogadores saem a ganhar com a redução do seu consumo energético. Ainda mais, com este "jogo" é pretendido também integrar a eficiência energética nas conversas sociais entre os intervenientes que, ao falarem sobre a sua competição pelo melhor nível de eficiência energética, contribuem para a disseminação desta boa prática não só entre si, mas também entre os amigos que eventualmente desconheçam este sistema.
- A actualização em tempo real dos alertas e aconselhamentos energéticos gerados aos consumidores permite o conhecimento profundo de todas as suas acções menos sustentáveis, permitindo assim a sua evolução comportamental.
- Outra função considerada chave é o facto de o consumidor poder consultar o diagrama de carga da sua casa em tempo real, ou seja, está ao seu dispor um gráfico que traça em tempo real o consumo da sua habitação, de modo a que ao desligar certos equipamentos o utilizador tenha conhecimento da quota de consumo destes e do quanto pode reduzir ao desligá-los em vez de os deixar ligados desnecessariamente.
- Por fim, uma função bastante importante nesta interface é a estimativa do quanto o utilizador está a poupar com a instalação deste sistema, servindo assim de uma motivação extra para a redução ao consumo ao visualizar o montante já poupado até à data de visualização do portal *web*.

Ao nível do sistema físico e sua integração com todas as camadas de software, algumas funções implementadas, entre muitas outras, são as seguintes:

- Capacidade de configuração de um sistema físico com um número de habitações que chega às mil, onde cada habitação poderá conter até trinta divisões, tornando este sistema bastante dinâmico em termos de aplicações;
- Desenvolvimento de uma base de dados capaz de definir todas as características do sistema físico e guardar toda a informação respectiva, base de dados esta que é gerada automaticamente aquando da finalização da configuração do sistema;
- Actualização em tempo real de todos os valores sensoriais existentes e registo destes na base de dados;

Resta concluir que todos os pontos propostos para esta dissertação foram alcançados com êxito, sendo que o principal objectivo é fomentar o aumento da eficiência energética nas habitações e a sua disseminação global.

Ao interagirem com este sistema, os consumidores domésticos vão certamente aumentar a eficiência energética das suas habitações e, talvez ainda mais importante, vão conseguir alterar o seu comportamento social em relação ao consumo energético, trazendo consigo para a rotina diária esta alteração de comportamento energético inconscientemente, aumentando assim o nível de eficiência energética em todos os sectores onde intervirem: os utilizadores deste sistema que trabalham na indústria começam a praticar as suas alterações de comportamento nas fábricas, no comércio, na função pública, etc., influenciando assim também aqueles que os rodeiam, resultando numa disseminação total da eficiência energética.

Do ponto de vista do autor, o desenvolvimento deste trabalho permitiu a aquisição de conhecimento em várias áreas distintas, assim como na integração de diferentes tecnologias. Permitiu ainda uma visão bastante mais alargada sobre a eficiência energética e vários aspectos associados.

6.1 Publicações

O desenvolvimento deste projecto culminou na publicação de um artigo científico apresentado na conferência internacional IEEE POWERENG 2011 (III International Conference on Power Engineering, Energy and Electrical Drives), realizada em Maio de 2011 em Málaga, Espanha, cuja referência é a seguinte:

David Silva, Sérgio Vieira, Celson Lima, João F. Martins, "Home Energy Saving Adviser System" in *IEEE POWERENG (III International Conference on Power Engineering, Energy and Electrical Drives)*, Maio 2011.

6.2 Perspectivas Futuras

Com o intuito de armar este sistema de uma maior capacidade de aumentar a eficiência energética em habitações, alguns aspectos poderão ser melhorados, bem como algumas funcionalidades adicionadas. Assim, ficam algumas sugestões de melhoramento para trabalho futuro:

- Adaptar o *website* desenvolvido para poder ser consultado a partir de PDAs e telemóveis no geral, de modo a possibilitar uma mobilidade ainda maior no que respeita à consulta por parte do utilizador;
- Criar uma aplicação para Smartphones de modo a que seja possível ao utilizador receber os aconselhamentos em tempo real, bem como consultar vários aspectos relativos ao seu consumo energético, necessitando apenas de uma ligação à rede da operadora móvel;
- Integrar o sistema com as redes sociais, de modo a que seja possível criar grupos de discussão e trocas de ideias entre os vizinhos, amigos e familiares, facilitando assim a disseminação de práticas de aumento da eficiência energética, e ainda fornecer aconselhamentos gerais dentro destes grupos sociais.

Este trabalho pode ainda servir de base para bastantes outros projectos futuros na área, pois esta será apenas a base de uma grande pirâmide que poderá vir a ser desenvolvida com o objectivo de tornar o mundo energético mais eficiente e ajudar as pessoas a terem um papel mais activo nesta mudança.

Bibliografia

- [1] V. Quaschnig, *Understanding Renewable Energy Systems*. Earthscan, 2005.
- [2] Eurelectric, “Power statistics 2010 edition.” <http://www.eurelectric.org/PowerStats2010/KeyDocuments.asp>, acedido em Março 2011.
- [3] U. Environmental Protection Agency, “Climate change 2007: The physical science basis.” <http://www.epa.gov/climatechange/science/recentac.html>, acedido em Março 2011.
- [4] N. Dr. Pieter Tans, “Trends in atmospheric carbon dioxide.” <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/>, acedido em Março 2011.
- [5] I. E. Agency, *World Energy Outlook 2010 Edition*. OECD/IEA, 2010.
- [6] B. J. Richardson, *Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change*, vol. 2. 1998.
- [7] J. R. Center, “Eu energy efficiency measures contribute to stabilise electricity consumption - drop in domestic use,” 2009.
- [8] EDP, *Guia prático da Eficiência Energética*. 2006.
- [9] EDP, “Eficiência energética.” <http://www.eco.edp.pt/pt/particulares/eficiencia-energetica>, acedido em Abril 2011.
- [10] J. B. S. Andreia Carreiro, José Luis Malaquias, “Monitorização dos consumos para gestão de energia em edifícios,” in *Portugal em Conferência para uma Economia Energéticamente Eficiente*, 2010.
- [11] N. C. S. G. Ana Rita Nunes, Filipa Alves, “Ecobrigadas - sensibilização e redução do consumo de energia,” in *Portugal em Conferência para uma Economia Energéticamente Eficiente*, 2010.
- [12] U. Europeia, “Pacto de autarcas.” http://www.eumayors.eu/home_pt.htm, acedido em Abril 2011.
- [13] A. C. Energia. <http://www.cascaisenergia.org/Ca%C3%A7a-Watts.aspx?ID=106>, acedido em Abril 2011.
- [14] EDP, “Inovcity.” <http://www.inovcity.pt/pt/Pages/homepage.aspx>, acedido em Abril 2011.

- [15] <http://www.eficiencia-energetica.com/>, acedido em Abril 2011.
- [16] RTP, “Só energia.” http://tv1.rtp.pt/programas-rtp/index.php?p_id=26637&e_id=2&c_id=8&dif=tv&hora=19:01&dia=06-07-2010, acedido em Abril 2011.
- [17] “Eco n’ home.” http://ieea.erba.hu/ieea/page/Page.jsp?op=project_detail&prid=1514, acedido em Abril 2011.
- [18] Ageneal, “Eco n’ home.” <http://www.ageneal.pt/content01.asp?BTreeID=00/02&treeID=00/02/00>, acedido em Abril 2011.
- [19] B. E. G. Neuhäuser Achim, “Energy check for low income households (ec-linc).” http://ieea.erba.hu/ieea/page/Page.jsp?op=project_detail&prid=2436, acedido em Abril 2011.
- [20] Google, “Powermeter.” <http://www.google.com/powermeter/about/about.html>, acedido em Abril 2011.
- [21] Microsoft, “Hohm.” <http://www.microsoft-hohm.com/>, acedido em Abril 2011.
- [22] N. Eaton, “Microsoft to help local residents track electricity use.” <http://blog.seattlepi.com/microsoft/2009/06/24/microsoft-to-help-local-residents-track-electricity-use/>, acedido em Abril 2011.
- [23] M. N. Center, “Microsoft hohm + social networking = community of energy savers.” <http://www.microsoft.com/presspass/features/2010/apr10/04-18hohmsocialnetworking.mspx>, acedido em Abril 2011.
- [24] Logica. <http://www.logica.com/we-are-logica/media-centre/news/2008/v%C3%A4xj%C3%B6-energi-and-logica-launch-energy-saving-web-service-for-consumers/>, acedido em Abril 2011.
- [25] R. Hampshire, *Creating Engagement: Peoples’ role in reducing carbon footprint*. Logica, 2008.
- [26] O. Foundation, “What is opc?.” http://www.opcfoundation.org/Default.aspx/01_about/01_what_is.asp?MID=AboutOPC, acedido em Fevereiro 2011.
- [27] O. Foundation, *OPC Overview*. 1998.
- [28] L. M. Camarinha-Matos, *SISTEMAS PERICIAIS DE TEMPO REAL*. Material das aulas de Integração de Sistemas, 2001.
- [29] Viscom, “Opc and .net with com interoperability.” <http://www.codeproject.com/KB/COM/opcdotnet.aspx>, Fevereiro 2011.
- [30] “Open flash chart 2.” <http://teethgrinder.co.uk/open-flash-chart-2>, Março 2011.
- [31] EnOcean, “Company profile.” <http://www.enocean.com/en/company-profile>, acedido em Fevereiro 2011.

- [32] R. T. Automation, *LonWorks: A plan for Product Enhancement*. 2008.
- [33] LonMark, *LONMARK Device Interface File Reference Guide*. 2009.

Apêndice A

Diagramas de Classes

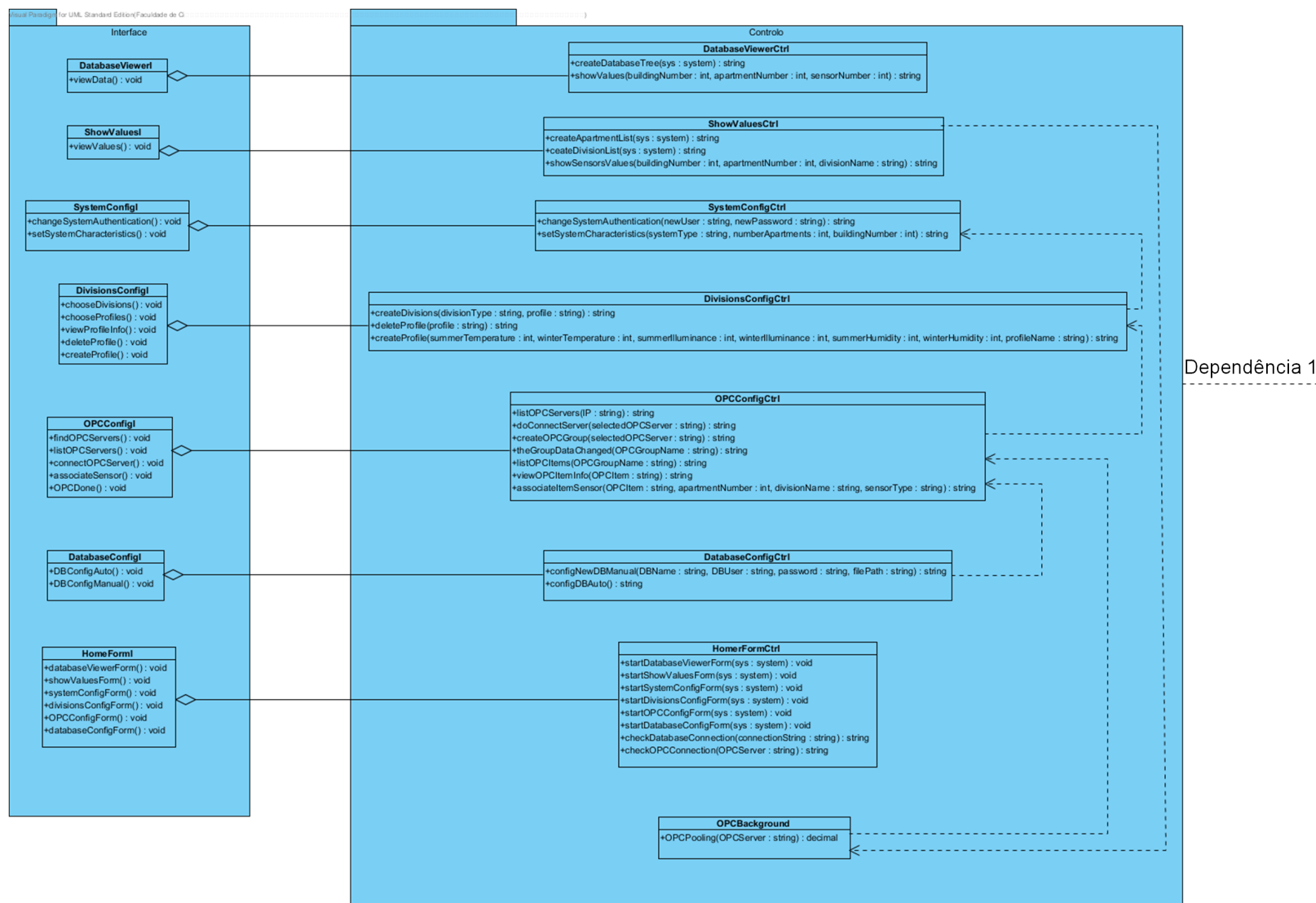


Figura A.1: Classes dos módulos Interface e Controlo da aquisição de dados e processamento sensorial

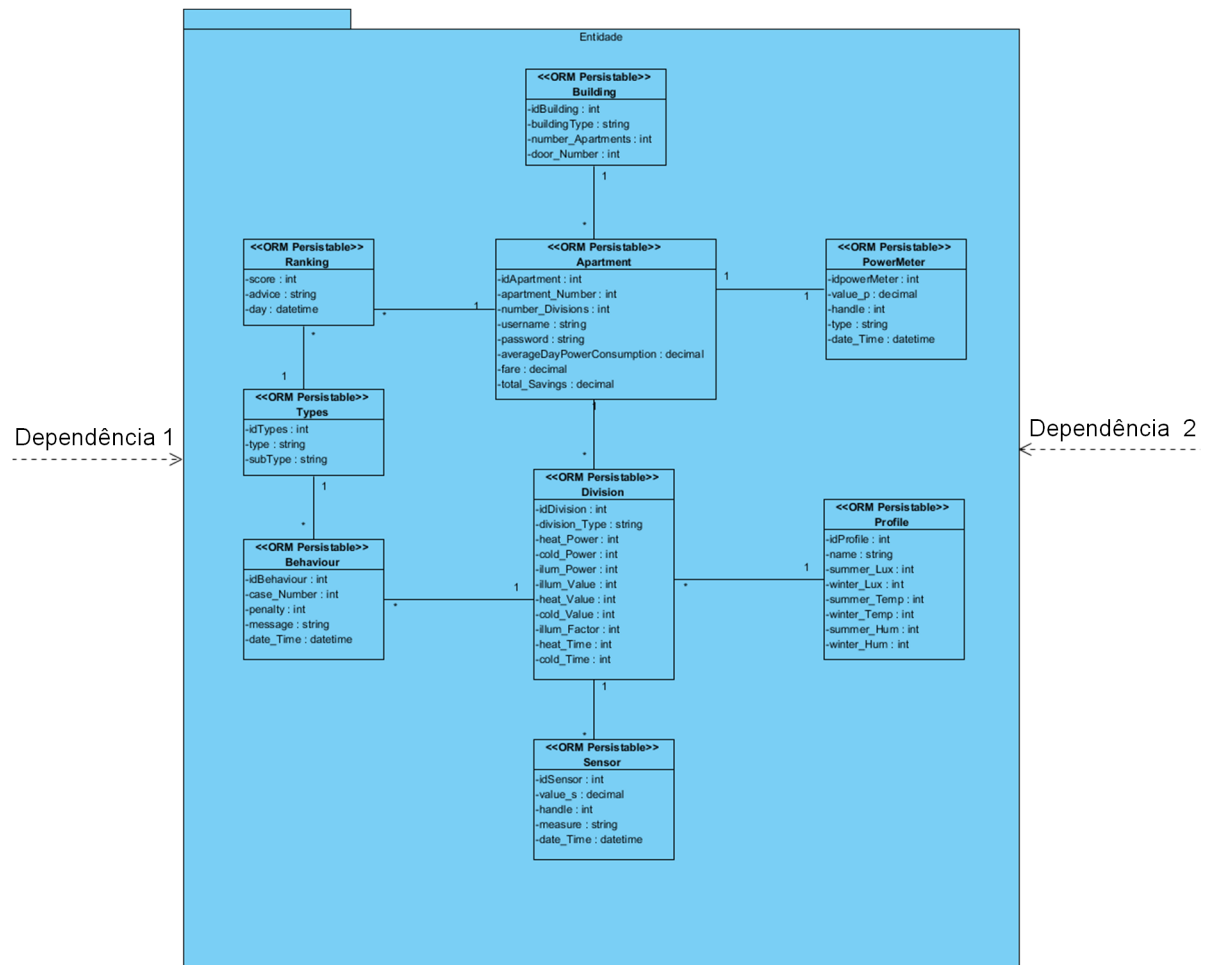


Figura A.2: Classes do módulo Entidade

Dependência 2

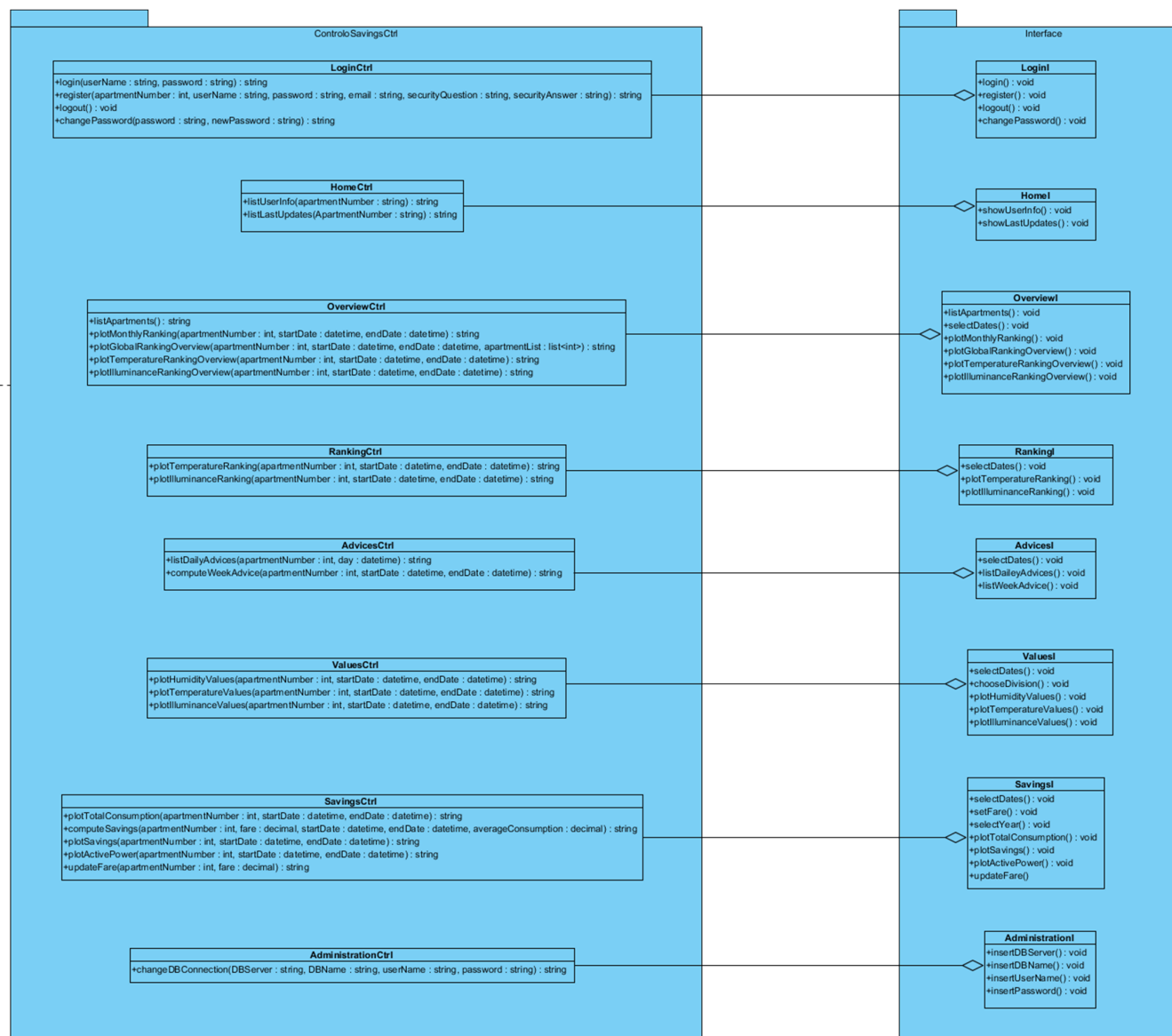


Figura A.3: Classes dos módulos Interface e Controlo da aplicação Web de Interface

Apêndice B

Diagramas de Sequência

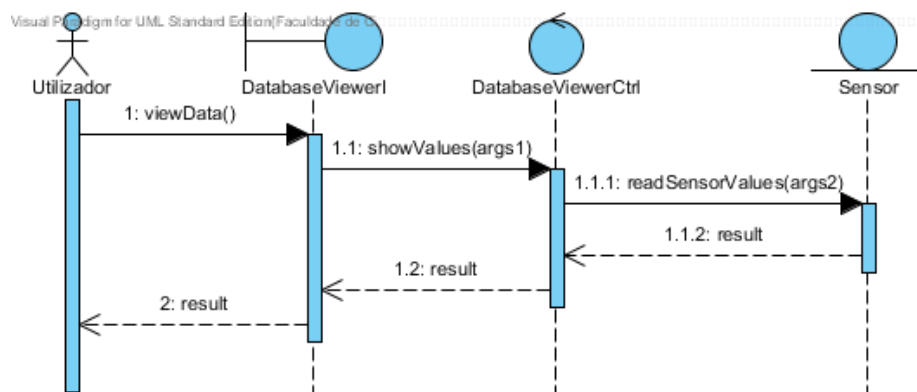


Figura B.1: Diagrama de sequência do caso de uso Consultar Valores DB para o actor Utilizador

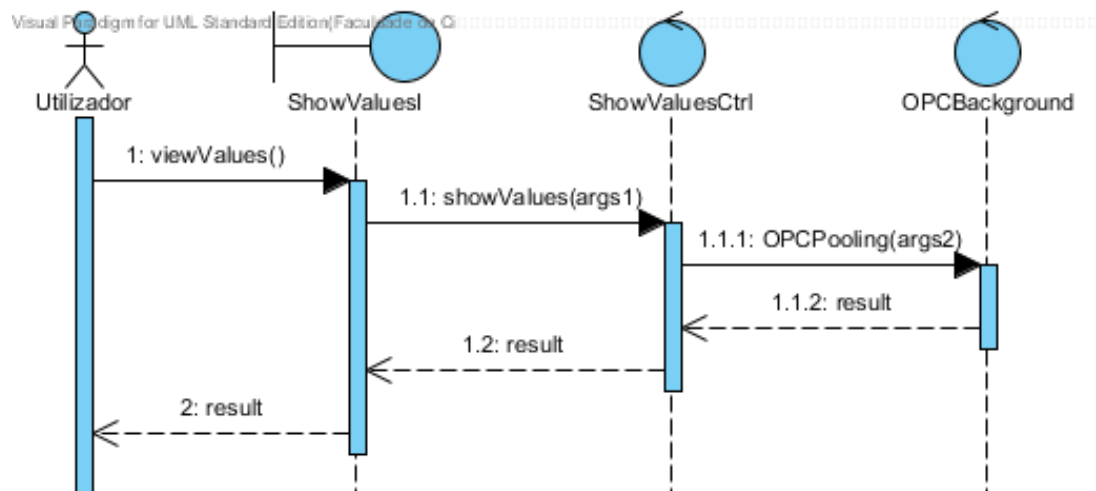


Figura B.2: Diagrama de sequência do caso de uso Consultar Valores OPC para o actor Utilizador

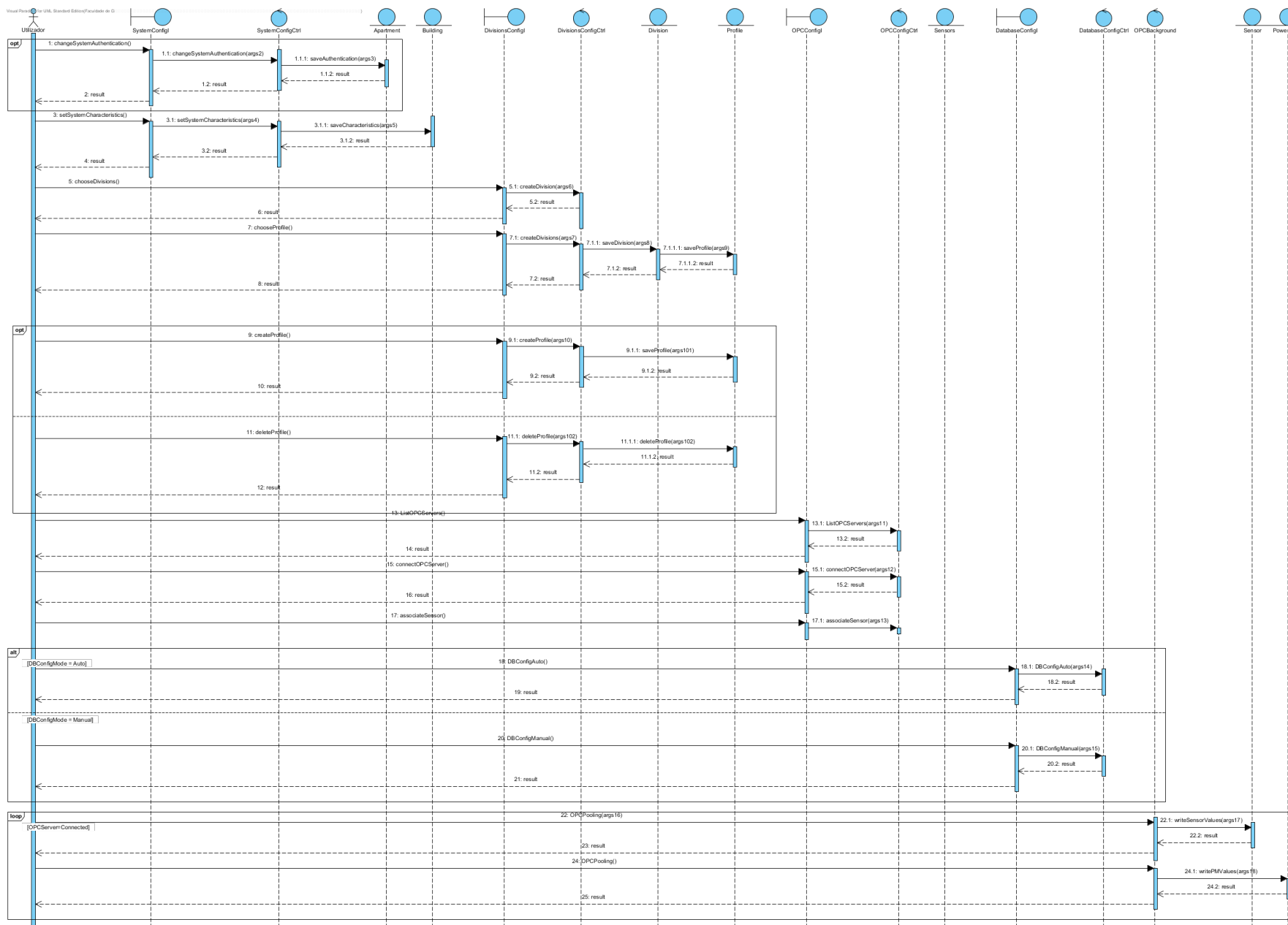


Figura B.3: Diagrama de sequência do caso de uso Configurar Sistema para o actor Utilizador

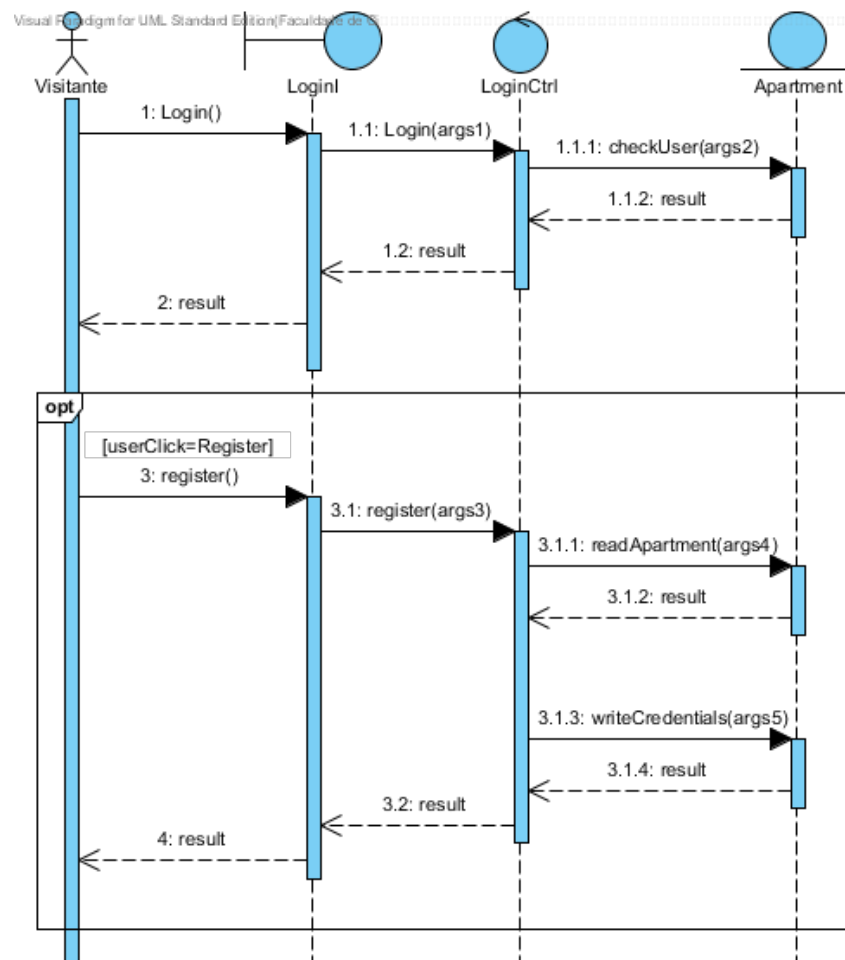


Figura B.4: Diagrama de sequência do caso de uso Login para o actor Visitante

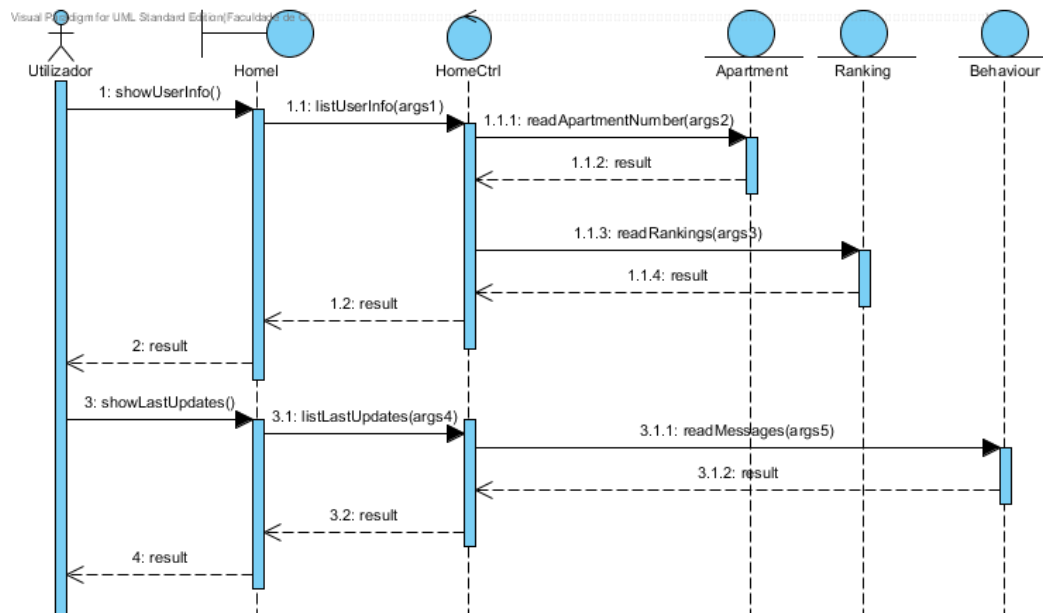


Figura B.5: Diagrama de sequência do caso de uso Consultar Home para o actor Utilizador

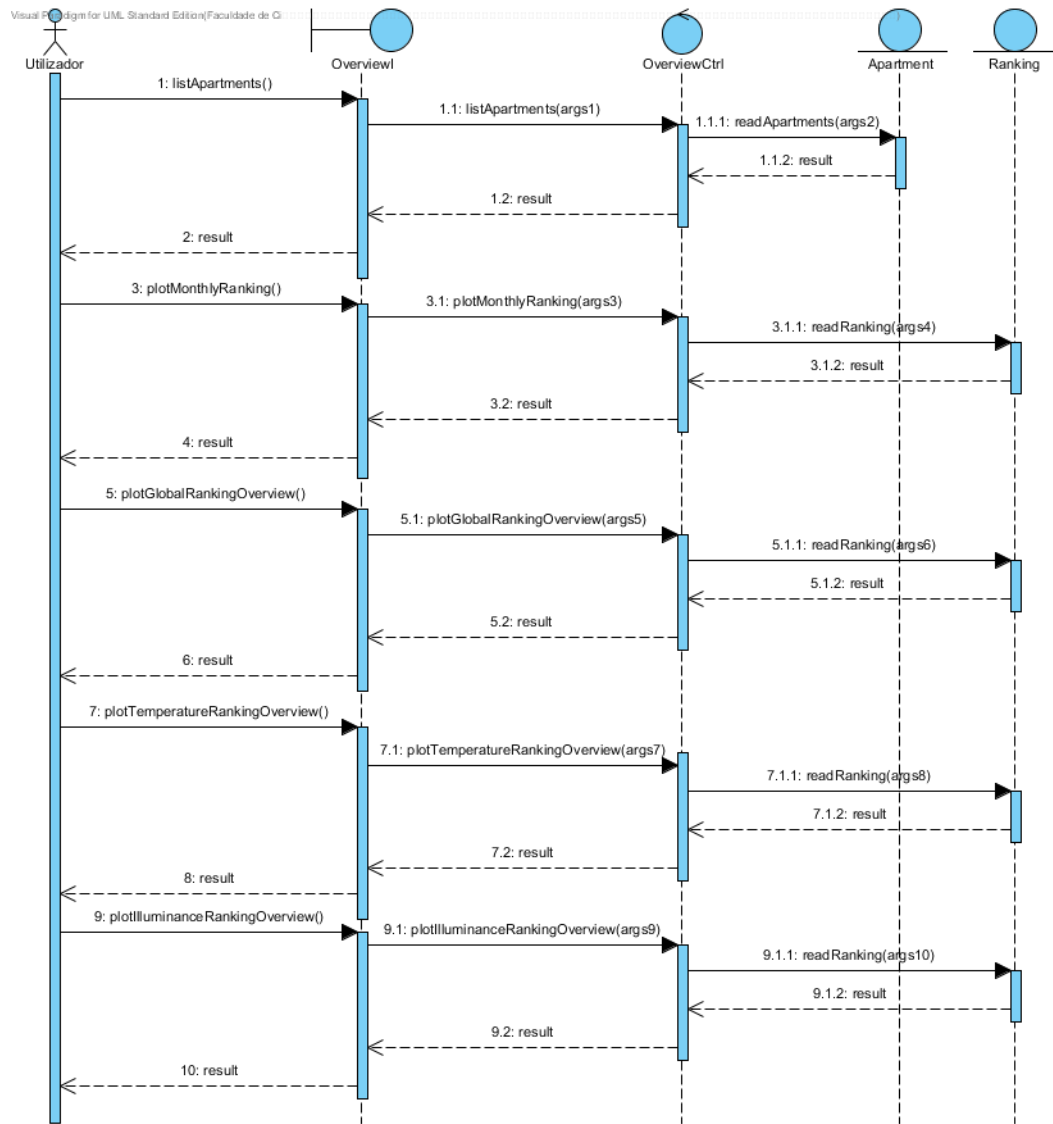


Figura B.6: Diagrama de sequência do caso de uso Consultar Vista Global para o actor Utilizador

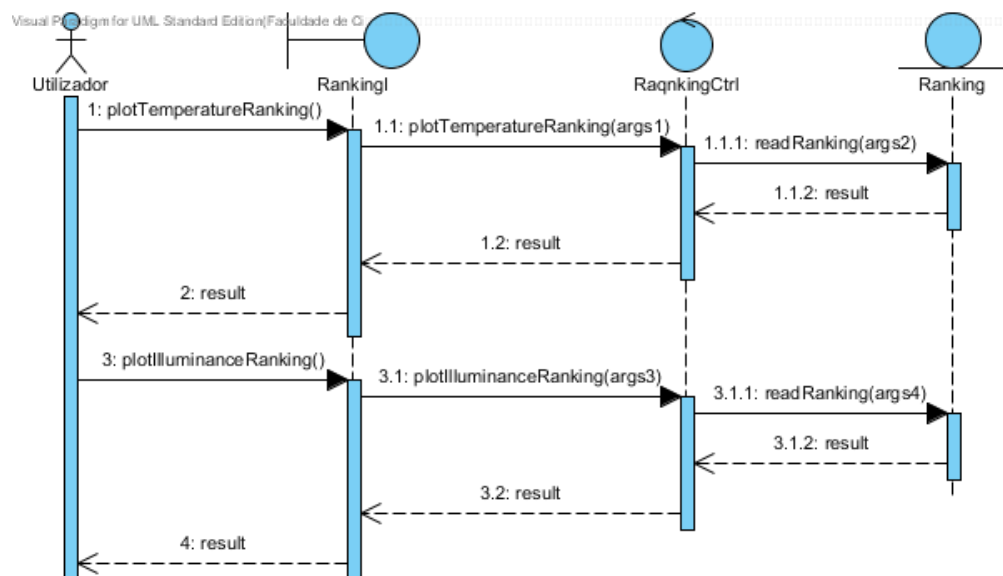


Figura B.7: Diagrama de sequência do caso de uso Consultar Ranking para o actor Utilizador

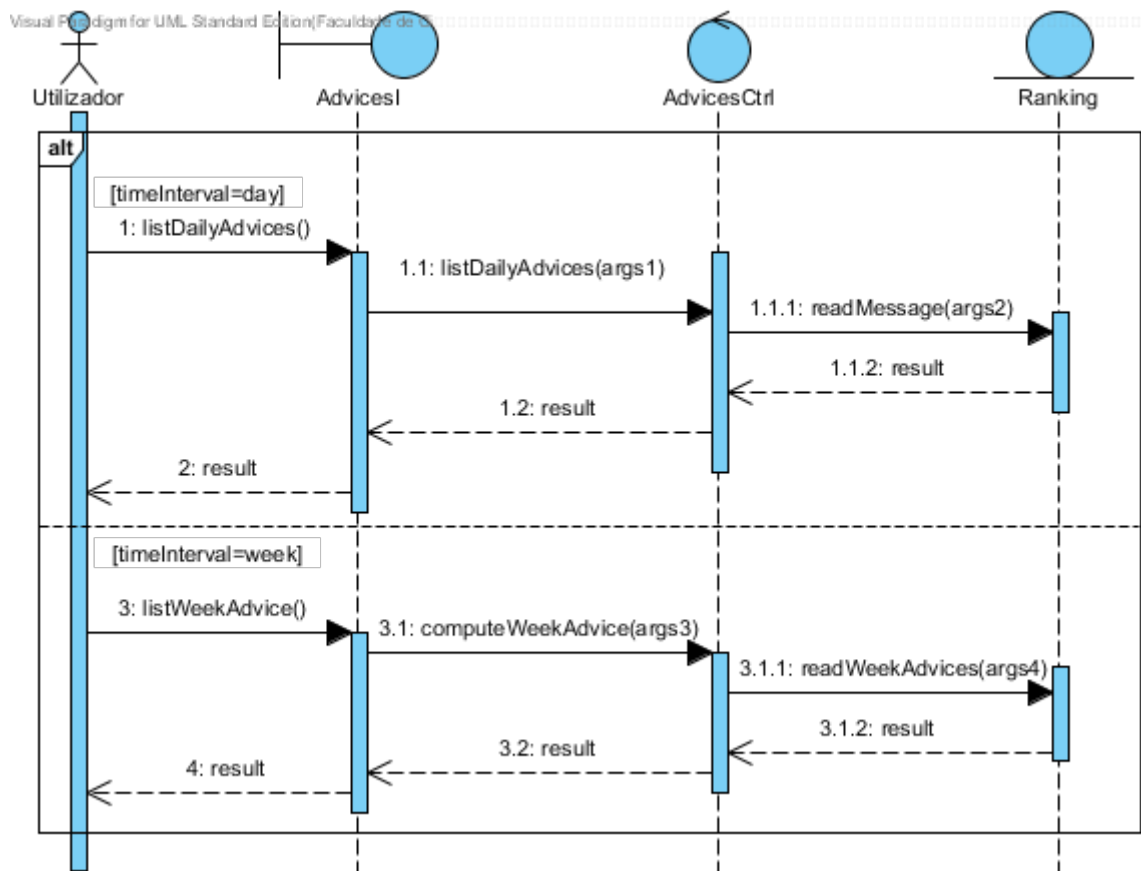


Figura B.8: Diagrama de sequência do caso de uso Consultar Aconselhamentos para o actor Utilizador

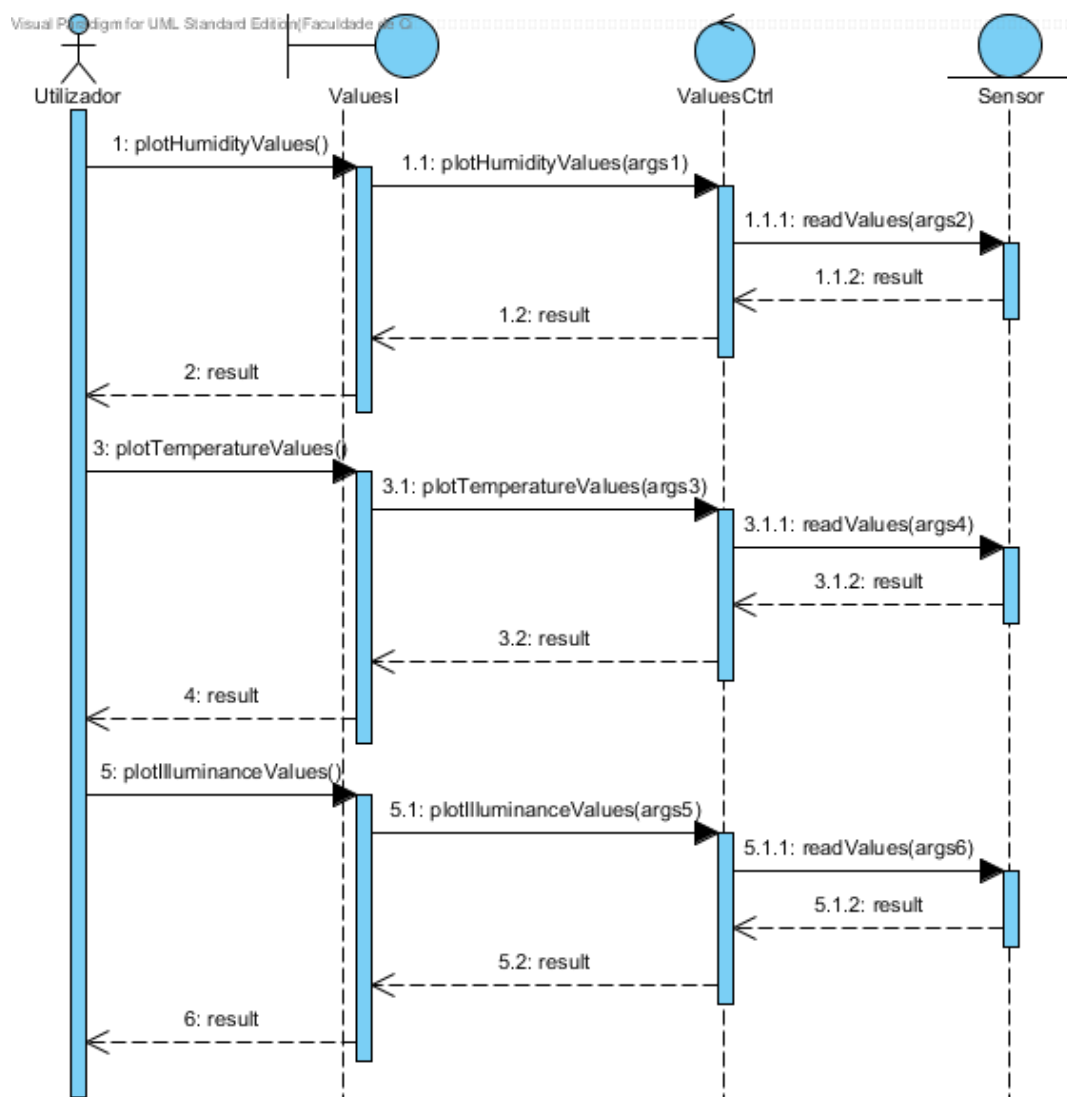


Figura B.9: Diagrama de sequência do caso de uso Consultar Sensores para o actor Utilizador

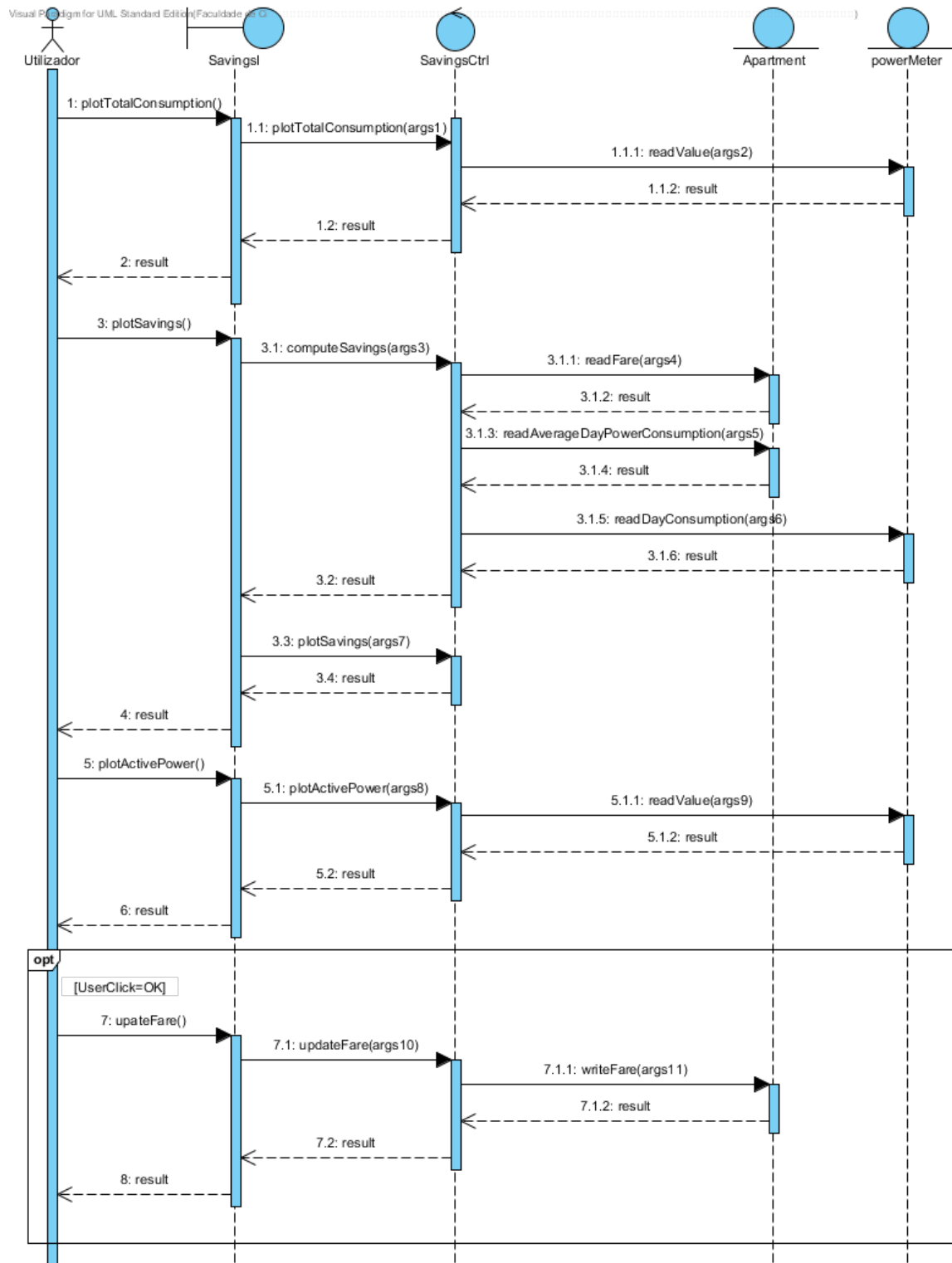


Figura B.10: Diagrama de sequência do caso de uso Consultar Poupanças para o actor Utilizador

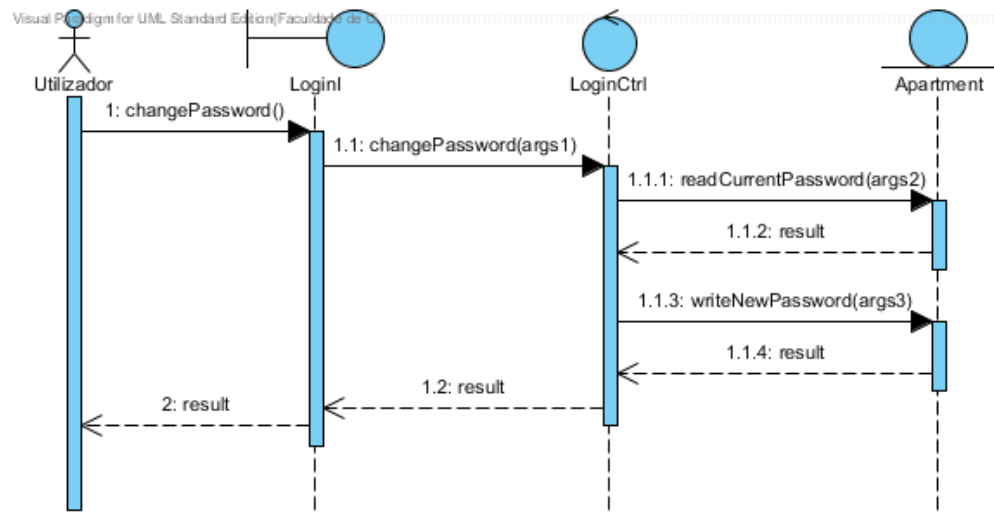


Figura B.11: Diagrama de sequência do caso de uso Mudar Password para o actor Utilizador

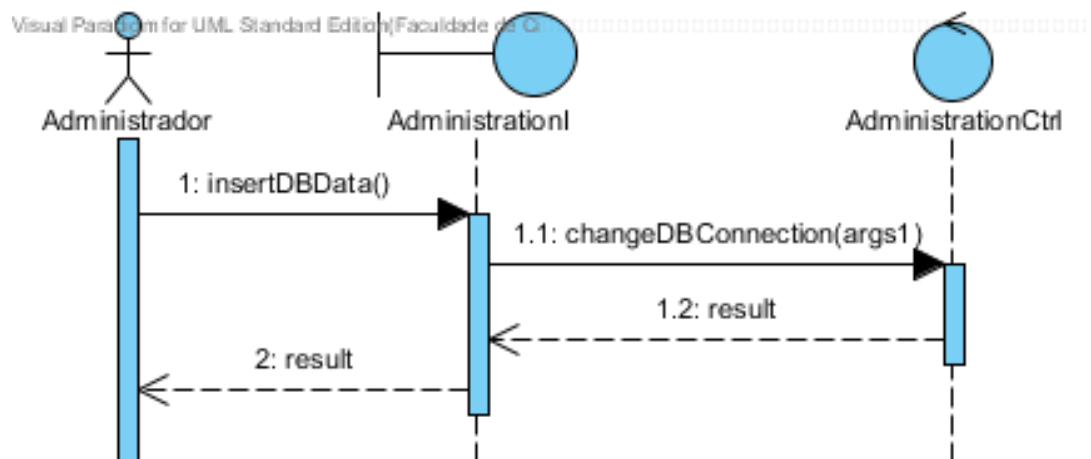


Figura B.12: Diagrama de sequência do caso de uso Administrar Base de Dados para o actor Administrador

Apêndice C

Diagrama de Entidade e Relação

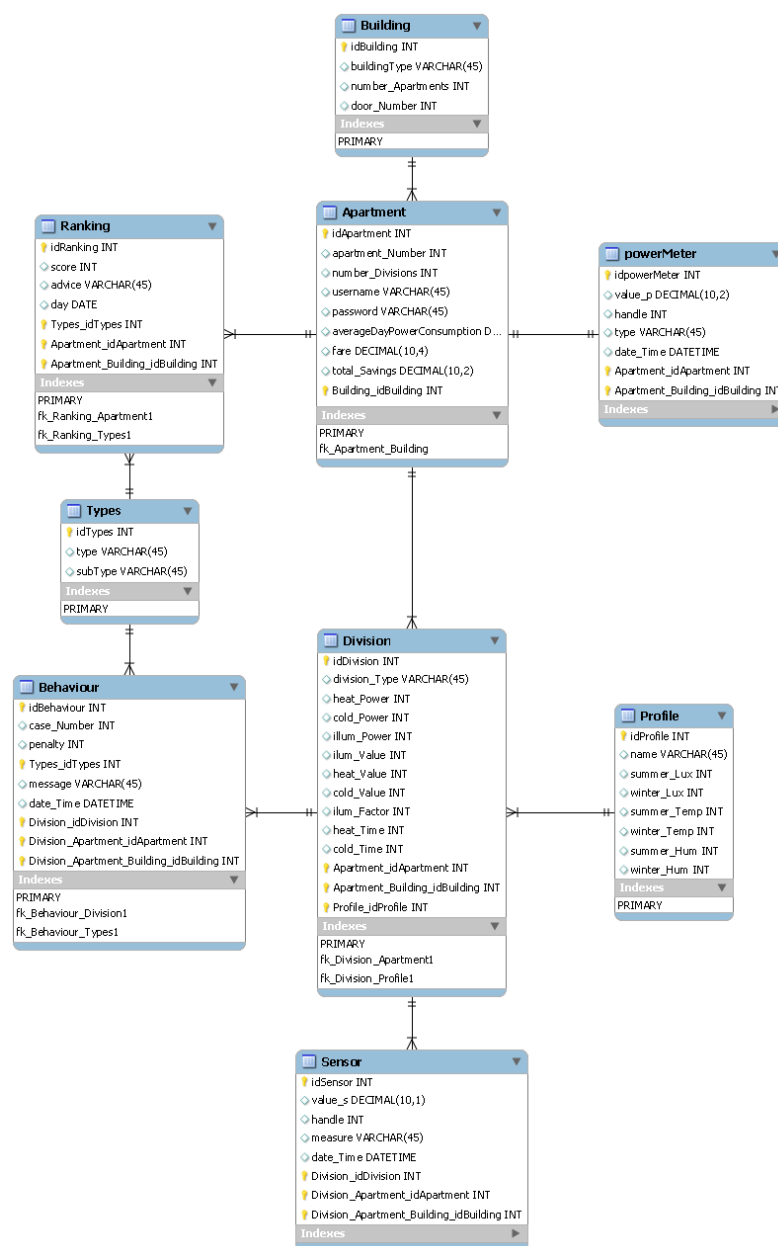


Figura C.1: Diagrama de Entidade e Relação do sistema